

การศึกษาเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียระหว่างระบบถังปฏุนปิดและระบบบ่อปิด และแนวทาง
การตัดสินใจ

พฤตมา เตชะวณิช

TNI

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2559

COMPARATIVE STUDY ON COVERED TANK SYSTEM AND COVERED LAGOON
SYSTEM, AND WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS SELECTION GUIDELINE

Pruktha Tejevanija

TNI

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program

in Executive Enterprise Management

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2016

หัวข้อสารนิพนธ์

การศึกษาเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียระหว่างระบบ
ถังปฏักปิดและระบบบ่อปิด และแนวทางการตัดสินใจ

โดย

พศุภา เตชะวณิช

สาขาวิชา

การจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รชตะ รุ่งตระกูลชัย

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธันยมัย เจียรกุล)

..... กรรมการ

(ดร. รุ่งอรุณ กระแสร์สินธุ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รชตะ รุ่งตระกูลชัย)

พจนานุกรม : การศึกษาเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียระหว่างระบบถังปฏิกิริยา
และระบบบ่อปิด และแนวทางการตัดสินใจ. อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ดร. รชตะ รุ่งตระกูลชัย, 55 หน้า.

การวิจัยเรื่อง “การศึกษาเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียระหว่างระบบถังปฏิกิริยาและ
ระบบบ่อปิด และแนวทางการตัดสินใจ” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) เพื่อศึกษาระบบผลิตก๊าซ
ชีวภาพจากน้ำเสียที่เหมาะสมกับโรงงานผลิตแป้งจากสำปะหลังของบริษัทฯ 2) เพื่อศึกษาว่า
ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียสามารถช่วยในด้านการลดมลพิษของน้ำเสียและช่วยให้
สามารถบำบัดได้ง่ายขึ้น

จากการศึกษาปัจจัยระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่เหมาะสมกับโรงงานผลิตแป้ง
จากสำปะหลังของบริษัทฯ พบว่ากระบวนการที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแป้งจากมันสำปะหลัง
คือเทคโนโลยี ไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion) โดยมีระบบที่นิยมมากอยู่สองระบบ คือ
1.ระบบถังปฏิกิริยา (Covered Tank) หรือระบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)
และ 2. ระบบบ่อปิด (Covered Lagoon) หรือ ระบบ High Rate Anaerobic Lagoon (HL) โดย
จากการเปรียบเทียบพบว่าระบบที่เหมาะสมกับโรงงานผลิตแป้งจากสำปะหลังของบริษัทฯ คือ
ระบบถังปฏิกิริยา (Covered Tank) เนื่องจากทางโรงงานมีพื้นที่เพียงพอต่อการรองรับการสร้าง
ระบบ และค่าใช้จ่ายในการออกแบบและค่าบำรุงรักษานั้นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับระบบถังปฏิกิริยา
(UASB) ที่ต้องทำการออกแบบเป็นเพื่อให้เหมาะสมกับน้ำเสียที่ได้จากการผลิตของโรงงานซึ่งมี
ความซับซ้อนสูงจำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถค่อนข้างมาก ทำให้ระบบบ่อปิด
นั้นมีความเหมาะสมกับโรงงานที่ผู้วิจัยทำการศึกษามากกว่าระบบแบบถังปฏิกิริยา

การศึกษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียสามารถช่วยในด้านการลดมลพิษของ
น้ำเสียและช่วยให้สามารถบำบัดได้ง่ายขึ้น พบว่า ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียสามารถช่วย
ปรับสภาพน้ำเสียให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคม
อุตสาหกรรม

PRUKTHA TEJAVANIJA : COMPARATIVE STUDY ON COVERED TANK SYSTEM AND COVERED LAGOON SYSTEM, AND WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS SELECTION GUIDELINE. ADVISOR : ASST. PROF. DR. RACHATA RUNGTRAKULCHAI, 55 PP.

A research on “Comparative Study on Covered Tank System and Covered Lagoon System, and Wastewater Treatment Systems Selection Guideline” aims to study (1) the appropriate biogas production from wastewater system for the Firm’s tapioca starch plants (2) whether or not a biogas production from wastewater system diminishes wastewater-related pollution, and facilitates wastewater treatment.

From examining factors of biogas production from wastewater system appropriate for the Firm’s tapioca starch plant, it is found that tapioca starch industry generally employs anaerobic digestion technology, comprising two prevalent systems, namely (1) Covered Tank System or UASB System (Upflow Anaerobic Sludge Blanket System) and (2) Covered Lagoon System or HL System (High Rate Anaerobic Lagoon System). Based on the comparison test, Covered Tank System is the more appropriate for the Firm’s tapioca starch plant. This is because the Firm spares space sufficient for installing the system. Its design and maintenance costs are also outnumbered by the UASB System as the latter requires the design specific to wastewater from the plant’s activity, involving high complexity and personnel with rather high level of knowledge and expertise. This renders the Covered Tank System preferable to the UASB System for the plant where the researcher conducted the study.

This study also finds that the biogas production from wastewater also contributes to diminishing of wastewater-related pollution, and facilitating wastewater treatment to meet the quality standard for water discharged from industrial plant and industrial estate.

Graduate School

Student’s Signature.....

Field of Study Executive Enterprise Management

Advisor’s Signature.....

Academic Year 2016

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียระหว่างระบบถังปฏิกิริยาและระบบบ่อปิด และแนวทางการตัดสินใจ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รชตะ รุ่งตระกูลชัย อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ ติดตามความก้าวหน้า แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำสารนิพนธ์ ทำให้สารนิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับความกรุณาจาก ดร. รุ่งอรุณ กระแสร์สินธุ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญมัย เจียรกุล กรรมการสอบสารนิพนธ์ที่ให้การดูแล ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่อง ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี จนสามารถทำสารนิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และเพื่อนร่วมงาน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านข้อมูลและเป็นกำลังใจมาให้โดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจโดยเสมอมา เข้าใจและเป็นแรงผลักดันจนสามารถทำสารนิพนธ์แล้วเสร็จ จนสามารถสำเร็จการศึกษาได้

พฤตภา เตชะวณิช

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	4
ประโยชน์ของการวิจัย	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
แผนและระยะเวลาในการดำเนินงาน.....	7
2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
ชนิดและการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับน้ำเสียแต่ละประเภทอุตสาหกรรม...	8
ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย	10
กฎหมายที่เกี่ยวข้อง.....	16
ทฤษฎีการตัดสินใจ	23
ความเป็นมาของบริษัท.....	28
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	28
3 วิธีดำเนินการวิจัยแนวศึกษาวิเคราะห์และเปรียบเทียบ	33
การศึกษาปัญหา	39
การศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหา.....	33
แนวทางการตัดสินใจ.....	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	35
ผลการศึกษาสภาพพื้นที่โรงงานที่จะก่อสร้างระบบ	35
ผลการศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างระบบถังปูนปิด และระบบบ่อปิด	39
ผลการศึกษาต้นทุนการดำเนินการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	44
การสรุปผลการวิจัย	45
บรรณานุกรม.....	52
ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์	55

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แผนและระยะเวลาการดำเนินงาน	7
2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	16
3 ข้อมูลโรงงาน.....	35
4 ข้อมูลในด้านกำลังการผลิตแบ่งมันสำปะหลังเต็มทีเฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี	37
5 กำลังการผลิต และปริมาณการผลิตเฉลี่ยการผลิตสาธู	37
6 ข้อมูลการใช้น้ำมันเตาต่อปี	37
7 คุณสมบัติน้ำเสียที่นำมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงาน XX	38
8 การเปรียบเทียบระหว่างระบบถังปฐนปิดและระบบบ่อบีต	39
9 ตารางเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย	44
10 สรุปการเปรียบเทียบว่าระบบใดเหมาะสมกับโรงงานเป้าหมาย	44
11 การพิจารณาอัตราผลตอบแทน บ่อบีต	50
12 การพิจารณาอัตราผลตอบแทน บ่อบฐนบีต	50
13 สรุปผลการวิจัย	51

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
2	บริเวณพื้นที่ที่จะดำเนินการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ณ โรงงาน	5
3	ลักษณะของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ Upflow Anaerobic Sludge	13
4	บ่อแบบ Covered Lagoon.....	14
5	กระบวนการตัดสินใจโดยการประชุมอภิปราย.....	25
6	แผนผังพื้นที่ที่จะดำเนินการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ณ โรงงาน xx	35
7	บริเวณพื้นที่ที่จะดำเนินการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ณ โรงงาน	36
8	อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบบ่อบปิดซึ่งราคาน้ำมันเตา 12 บาท/ลิตร.....	47
9	อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบถังปูนปิดซึ่งราคาน้ำมันเตา 12 บาท/ลิตร	47
10	อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบบ่อบปิดซึ่งราคาน้ำมันเตา 13 บาท/ลิตร.....	48
11	อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบถังปูนปิดซึ่งราคาน้ำมันเตา 13 บาท/ลิตร	48
12	อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบบ่อบปิดซึ่งราคาน้ำมันเตา 14 บาท/ลิตร....	49
13	อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบถังปูนปิดซึ่งราคาน้ำมันเตา 14 บาท/ลิตร	49
14	ค่าใช้จ่ายราคาน้ำมันเตาย้อนหลัง.....	50



TNI

บทที่ 1

บทนำ

สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา

อุตสาหกรรมผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2555 มีปริมาณการส่งออก 6.44 ล้านตัน และ 7.45 ล้านตันตามลำดับ จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับในประเทศไทยทั้งหมดคือ 116 โรงงานอุตสาหกรรม (กระทรวงอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555)

การประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับคำนวณจากสถิติปริมาณการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับในปี 2555 (ธัชกร ผลพันธ์; วลัยรัตน์ อุตตะมะปรางกรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2557; อ้างอิงจาก สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2556) และการศึกษาวิจัยข้อมูลจากจำนวนโรงงานผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับทั้งหมด 35 โรงงานที่ผลิตก๊าซชีวภาพ (ธัชกร ผลพันธ์; วลัยรัตน์ อุตตะมะปรางกรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2557; อ้างอิงจาก โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. 2555) สามารถสรุปได้ดังนี้

- ปริมาณการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับในประเทศไทยปี 2555 เท่ากับ 3,546,540 ตัน
- โดยคำนวณจากปริมาณหัวมันสดที่ผลิตได้ในปี 2555 คือ 27,547,242 ตัน (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำหรับแห่งประเทศไทย คณะสำรวจมันสำหรับ ฤดูกาลผลิตปี 2555)
- ปริมาณการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับคิดเป็นหัวมันสดร้อยละ 26.78 สำหรับใช้ในประเทศ และร้อยละ 31.74 สำหรับการส่งออก (ธัชกร ผลพันธ์; วลัยรัตน์ อุตตะมะปรางกรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2557; อ้างอิงจาก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2556)
- ในการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับจะได้แบริ่งน้ำมันสำหรับคิดเป็นร้อยละ 20-22 ของปริมาณหัวมันสด (ธัชกร ผลพันธ์; วลัยรัตน์ อุตตะมะปรางกรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2557; อ้างอิงจาก สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2555)
- การผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับจำนวน 1 ตัน เกิดปริมาณน้ำเสีย 15 ลูกบาศก์เมตร (ธัชกร ผลพันธ์; วลัยรัตน์ อุตตะมะปรางกรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2557; อ้างอิงจาก โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. 2555)
- ปริมาณน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 7.83 ลูกบาศก์เมตร (ธัชกร ผลพันธ์; วลัยรัตน์ อุตตะมะปรางกรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2557; อ้างอิงจาก โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. 2555)

ศักยภาพการผลิตต่อปี

ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทผลิตแป้งมันสำปะหลัง ใน 1 ปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

- การผลิตแป้งมันสำปะหลัง 3,546,540 ตัน เกิดน้ำเสียปริมาณ 53,198,100 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 7.83 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 53,198,100 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 416.54 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณศักยภาพคงเหลือเบื้องต้น

จากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งหมด 35 โรงงาน เพราะฉะนั้น

- โรงงานแป้งมันสำปะหลัง 116 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 416.54 ล้านลูกบาศก์เมตร
- โรงงานที่เข้าร่วมโครงการ 35 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 262.67 ล้านลูกบาศก์เมตร
- จำนวนโรงงานคงเหลือ 81 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 153.87 ล้านลูกบาศก์เมตร

ในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังนั้น ได้ทำให้เกิดน้ำเสียออกจากระบบจำนวนมาก และเป็นหน้าที่ของผู้ประกอบการที่จะต้องดำเนินการบำบัดน้ำเสียดังกล่าวในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน เพื่อให้มีน้ำเสียมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมมลพิษ กระทรวงอุตสาหกรรม ก่อนดำเนินการปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอกโรงงาน โดยในกระบวนการบำบัดน้ำเสียนั้น จะมีจุลินทรีย์ในธรรมชาติที่เข้ามาย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่ปะปนมากับน้ำเสีย ซึ่งการย่อยสลายนี้จะเป็นการย่อยสลายแบบไร้อากาศ และเกิดการปล่อยก๊าซชนิดหนึ่ง เรียกว่า ก๊าซชีวภาพ (BIOGAS) ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก (Green House Effect) หรือสภาวะโลกร้อน ค่าเฉลี่ย BOD ของอุตสาหกรรม โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังอยู่ที่ประมาณ 1,500-15,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2554) ซึ่งส่งผลต่อสภาพสิ่งแวดล้อมหากขาดการบริหารจัดการที่ดี โดยจากประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539 ได้ทำการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม หากโรงงานใดไม่สามารถปฏิบัติตามได้จะทำให้ผิดพรบ.โรงงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งมีทั้งโทษปรับและจำคุก

ปัจจุบันยังไม่มีกฎหมายหรือข้อบังคับใดๆ ที่กำหนดเป็นมาตรฐานในการบำบัดก๊าซชีวภาพนี้ แต่ได้เริ่มมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้โรงงานที่เป็นบ่อเกิดของก๊าซชีวภาพดำเนินการลดปริมาณการปล่อยก๊าซชีวภาพสู่สิ่งแวดล้อม โดยผลของการศึกษาวิธีการบำบัดหรือลดปริมาณการปล่อยก๊าซชีวภาพนี้ ทำให้เกิดการค้นพบที่ผู้ประกอบการได้รับผลประโยชน์อย่างมาก นั่นก็คือ ก๊าซชีวภาพสามารถใช้เป็นพลังงานทางเลือกที่ผู้ประกอบการสามารถนำไปใช้เพื่อลดต้นทุนในการผลิตสินค้าได้ เนื่องจากก๊าซชีวภาพเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยในการใช้ก๊าซชีวภาพนั้นผู้ประกอบการสามารถนำไปใช้กับเครื่องจักรที่ใช้น้ำมันเตาเป็นพลังงาน เพื่อทดแทนหรือลดปริมาณการใช้้ำมันเตาของโรงงานได้ เช่น โรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับบริษัท วีพี สตาร์ช จังหวัดนครราชสีมา กำลังการผลิต 3,000 ตันต่อ วัน นำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยระบบ Up flow Anaerobic Sludge Blanket :UASB ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลด สารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ถึง 80% ทำให้หมดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นลงได้ โดยน้ำเสียจากกระบวนการผลิต 1,550 ลูกบาศก์ เมตรต่อวัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 23,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ใช้เป็นพลังงานทดแทน น้ำมันเตาในกระบวนการ อบแห้งแป้งได้ 116,000 บาทต่อวัน และสามารถคืนทุนได้ภายใน 2 ปี ในขณะที่โรงงานอุตสาหกรรม น้ำมันปาล์ม บริษัท ชุมพรอุตสาหกรรม น้ำมันปาล์ม จำกัด (มหาชน) ใช้ระบบก๊าซชีวภาพแบบ continuous stirred-tank reactor :CSRT ซึ่ง รองรับปริมาณ น้ำเสียจากกระบวนการผลิต น้ำมันปาล์มดิบ 700 ลูกบาศก์เมตร/วัน และน้ำเสียจากการผลิต น้ำมันปาล์ม 300 ลูกบาศก์เมตร/วัน ซึ่งสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 21,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยนำไปผลิตไฟฟ้าใช้ทดแทน พลังงานชีวมวลได้ประมาณวันละ 160,000 บาท

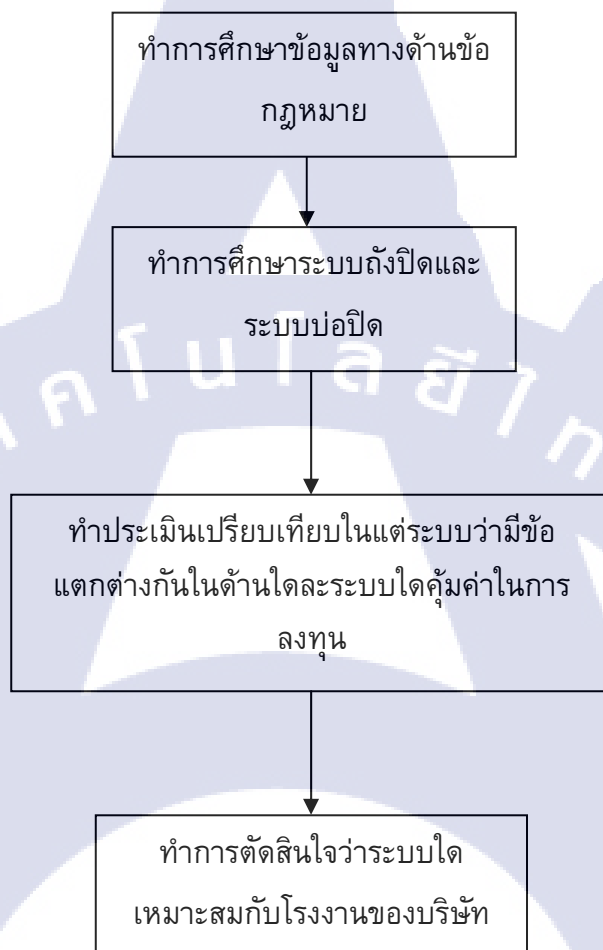
บริษัทฯ เป็นหนึ่งในผู้ประกอบการที่มีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานจำนวนมากและมีน้ำมันเตาเป็นต้นทุนทางตรงในการผลิตสินค้า ทำให้ต้องรับความเสี่ยงในเรื่องมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งและการผันผวนของราคาน้ำมันในตลาดโลก ทำให้บริษัทฯ อาจต้องรับโทษทางกฎหมายและการต้นทุนการผลิตสินค้าที่สูงขึ้น และมีความเสี่ยงอย่างมากในการดำเนินธุรกิจของบริษัทฯ ในอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลังต่อไป โดยเครื่องมือที่จะช่วยลดความเสี่ยงดังกล่าว คือ การนำระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการผลิตแปรรูปมันสำปะหลังมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อบริษัทฯ ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียสามารถลดขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ค่าใช้จ่าย และพื้นที่ในการ บำบัดน้ำเสียลงได้ ส่งผลให้บริษัทฯ สามารถจัดการกับของเสียให้เกิดประโยชน์และบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่เหมาะสมกับโรงงานผลิตแป้งจากมันสำปะหลังของบริษัทฯ

2. เพื่อศึกษาว่าระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียสามารถช่วยในด้านการลดมลพิษของน้ำเสียและช่วยให้สามารถบำบัดได้ง่ายขึ้น



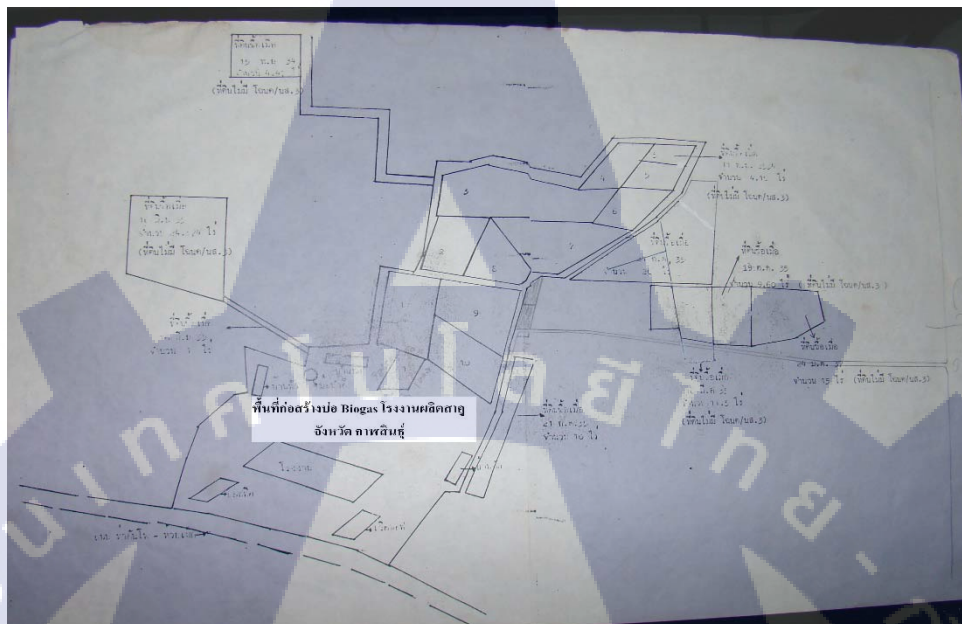
รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา

1. ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่ใช้ทำการศึกษาคือระบบ ถังบุนปิด (Cover Tank) หรือระบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) และระบบ บ่อปิด (Covered Lagoon) หรือระบบ (High Rate Anaerobic Lagoon (HL))
2. กฎหมายในเรื่องมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม

3. โรงงานที่ทำการศึกษามีจำนวน 1 โรงงาน ขนาดพื้นที่ 20 ไร่ 3 งาน 46.25 ตารางวา ณ อ.ท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์



รูปที่ 2 บริเวณพื้นที่ที่จะดำเนินการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ณ โรงงาน

ประโยชน์ของการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบถังปฏักกับระบบบ่อปิดและแนวทางการตัดสินใจ มีประโยชน์ ดังนี้

1. เพื่อให้บริษัทสามารถเลือกระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมต่อสถานะของโรงงาน ซึ่งจะทำให้บริษัทสามารถลดต้นทุนการผลิตสินค้า
2. เพื่อเป็นการแสดงว่า ผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียสามารถลดมลพิษทางกลิ่นของระบบบำบัดน้ำเสีย และน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบสามารถทำการบำบัดได้ง่ายขึ้นทำให้สภาพแวดล้อมของโรงงานและบริเวณโดยรอบดีขึ้น อีกทั้งเพื่อช่วยป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับชุมชนบริเวณรอบโรงงาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ระบบถังปฏิกิริยาปิด (Cover Tank) หรือระบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) หมายถึง กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ที่ต้องทำการเลี้ยงตะกอนแบคทีเรียภายในถังหมัก
2. ระบบบ่อปิด (Covered lagoon) หรือระบบ (High Rate Anaerobic Lagoon (HL)) หมายถึง ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปิด มีลักษณะเป็นสระหรือบึงรูปรางสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีการคลุมด้วยแผ่นพลาสติก
3. ก๊าซชีวภาพ (Biogas) หมายถึง ก๊าซที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ด้วยแบคทีเรียชนิดไม่อาศัยออกซิเจน (Anaerobic) ทำให้เกิดกลุ่มก๊าซขึ้นขณะเกิดการย่อยสลาย กลุ่มก๊าซนี้ เรียกว่า ก๊าซชีวภาพ
4. น้ำเสีย หมายถึง ความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปน หรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น
5. น้ำทิ้ง หมายถึง ความว่า น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรม หรือนิคมอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรม หรือในนิคมอุตสาหกรรมด้วย
6. การปรับกรด (Acidification) คือ การปรับค่า pH ของอาหารให้เป็นกรดด้วยกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดซิตริก (Citric Acid) หรือกรดแอสติก (Acetic Acid) อาจทำได้หลายวิธี เช่น การเติมกรด การผสมกับอาหารที่เป็นกรด หรือการลวก (Blanching) ขึ้นอาหารในสารละลายกรด เป็นต้น
7. BOD ย่อมาจาก Biochemical Oxygen Demand หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำ (ในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ค่า BOD มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร หรือมิลลิกรัมของออกซิเจนต่อน้ำ 1 ลิตร ค่า BOD (อ่านว่า บีโอดี) ถูกนำมาเป็นค่าหนึ่งเพื่อบ่งบอกคุณภาพของน้ำ ซึ่งใช้กันมากในอุตสาหกรรมการบำบัดน้ำเสีย ถ้าค่า BOD สูง แสดงว่าน้ำนั้นต้องการออกซิเจนจำนวนมาก เพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ แสดงว่าน้ำนั้นมีคุณภาพไม่ดี ซึ่งตรงข้ามกับค่า BOD ต่ำ แสดงว่าน้ำนั้นมีคุณภาพดีกว่
8. การตัดสินใจ หมายถึง การศึกษาทางเลือกทางการปฏิบัติโดยการพิจารณาเลือกที่แตกต่างกัน

แผนและระยะเวลาในการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แผนและระยะเวลาการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินการ				
		พ.ย. 59	ธ.ค. 59	ม.ค. 60	ก.พ. 60	มี.ค. 60
1.	ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	↔				
2.	เขียนเค้าโครงการวิจัย		↔			
3.	เก็บรวบรวมข้อมูล			↔		
4.	วิเคราะห์ข้อมูล				↔	
5.	เขียนและพิมพ์รายงาน					↔
6.	เข้าเล่มรายงาน					↔

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียระหว่างระบบถังป้อนปิดและระบบบ่อปิด และแนวทางการตัดสินใจครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ชนิดและการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับน้ำเสียแต่ละประเภทอุตสาหกรรม
2. ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย
3. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง
4. ทฤษฎีการตัดสินใจ
5. ความเป็นมาของบริษัท
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชนิดและการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับน้ำเสียแต่ละประเภทอุตสาหกรรม

วัชกร ผลพันธุ์; วลัยรัตน์ อุตตะมะปารากรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ (2557) ได้เสนอหลักเกณฑ์เบื้องต้นที่ควรพิจารณาเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนี้

1. การทำงานของระบบ (Process Applicability) การประเมินประสิทธิภาพหรือผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย
2. ปริมาณและอัตราการไหลของน้ำเสีย (Flow Rate) ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่ออัตราการไหลของน้ำเสียที่คงที่ ถ้าหากอัตราการไหลมีปริมาณที่ไม่คงที่หรือแตกต่างกันมากจำเป็นต้องมีบ่อปรับเสมอ (Equalization Tank)
3. ลักษณะของน้ำเสีย (Wastewater Characteristic) โดยลักษณะของน้ำเสียแต่ละประเภทจะมีผลกระทบต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสียได้ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเครื่องมืออุปกรณ์ และการดำเนินระบบ
4. ประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย และสมรรถภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย
5. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษา
6. พื้นที่ หรือ ที่ดินสำหรับการสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย และพื้นที่ว่างสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียเพิ่มเติมในอนาคต

บูรณะศักดิ์ มาดหมาย (2552) ได้ระบุชนิดของเทคโนโลยีระบบก๊าซชีวภาพไว้ ดังนี้ การบำบัดน้ำเสียหรือของเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบหลัก การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีวภาพ (Biological Wastewater Treatment) มักจะใช้เทคโนโลยีที่อาศัยแบคทีเรียช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ เทคโนโลยีที่ใช้อากาศ และเทคโนโลยีที่ไม่ใช้อากาศ

กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพโดยอาศัยจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กระบวนการใหญ่ คือ กระบวนการแบบใช้อากาศ (Aerobic Digestion) และกระบวนการแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion)

1. กระบวนการที่ใช้อากาศ (Aerobic Digestion) สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ขึ้นจำนวนมาก (ประมาณร้อยละ 50 ของสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกเปลี่ยนเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์) ซึ่งมีปฏิกิริยาในการย่อยสลาย ข้อได้เปรียบของกระบวนการบำบัดแบบนี้ คือ ระบบมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสีย อีกทั้งใช้ระยะเวลาในการบำบัดสั้น แต่มีข้อเสีย คือ ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูง เนื่องจากต้องมีการพ่นอากาศให้กับระบบและยังต้องกำจัดตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน นอกจากนี้กระบวนการบำบัดแบบนี้ไม่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพกับน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงมาก ๆ เนื่องจากมีข้อจำกัดในการให้ออกซิเจนอย่างเพียงพอกับระบบเทคโนโลยีที่ใช้อากาศ มักต้องอาศัยเครื่องจักรกลในการเติมอากาศให้กับน้ำเสีย ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่าย โดยผลจากการบำบัดจะได้ออกมาเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ส่วนเทคโนโลยีที่ไม่ใช้อากาศ หรือเรียกอีกอย่างว่าเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียหรือของเสียโดยวิธีไม่ใช้อากาศ จะทำให้ได้ผลพลอยได้ออกมาเป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรียในระบบ ในทางกลับกัน ถ้าเราวางแผนเป้าหมายที่จะผลิตก๊าซชีวภาพเป็นหลัก เราก็อาจเรียกเทคโนโลยีนี้ว่า ระบบก๊าซชีวภาพ (Biogas system) อันประกอบไปด้วย ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ระบบนำก๊าซชีวภาพไปใช้งานและระบบบำบัดของเสีย

2. กระบวนการที่ไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion) กระบวนการนี้สารอินทรีย์ในน้ำเสียประมาณร้อยละ 80-90 ถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งรวมเรียกว่า ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งมีปฏิกิริยาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ระบบดังกล่าวนี้จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายมีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้าทำให้ระบบเริ่มต้น (Start Up) ได้ช้า อีกทั้งประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดต่ำจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการกักเก็บของเหลว (Hydraulic Retention Time; HRT) นานขึ้น ระบบบำบัดจึงมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ระบบยัง

มีการปรับตัวไม่ดีนักต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและในระหว่างกำจัด บางครั้งอาจมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide) เกิดขึ้น ทำให้มีกลิ่นเหม็น ระบบนี้จึงมี ข้อจำกัดการใช้งาน สำหรับเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสีย โดยไม่ใช้อากาศประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

2.1 Hydrolysis ขั้นตอนนี้สารอินทรีย์ยังอยู่ในรูปโมเลกุลใหญ่ ไม่สามารถจะย่อยสลายได้ทันที จำเป็นที่จะต้องมีการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กเสียก่อน โดยมีแบคทีเรียกลุ่มแรกปล่อยเอนไซม์มาช่วยเร่งการแตกตัวของโมเลกุล แบคทีเรียกลุ่มนี้จะได้รับสารอาหารบางชนิดจากสารอินทรีย์ผ่านการดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้โดยตรง

2.2 Acidogenesis แบคทีเรียอีกกลุ่มจะทำการย่อยสลายโมเลกุลที่แตกตัวแล้วจากขั้นตอนแรกให้เป็นกรดอินทรีย์ (Organic Acid) ซึ่งได้แก่ Acetic Acid, น้ำ (H_2O) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น แบคทีเรียที่กลุ่มนี้เรียกว่า Acid Forming Bacteria เป็นแบคทีเรียที่อยู่ได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน

2.3 Methanogenesis ในขั้นตอนนี้แบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งเรียกว่า Methanogens หรือ Methane Forming Bacteria จะทำการเปลี่ยน Acetic Acid และไฮโดรเจน (H) เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียพวกนี้เป็นชนิดที่ต้องอยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจนจริงๆ (Obligate Anaerobic Bacteria) ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของ Acetic Acid จากปฏิกิริยาก่อนหน้านี้ จะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจะต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของแบคทีเรียหลายๆ กลุ่มดังที่กล่าวมาแล้ว โดยความสามารถในการย่อยสลายของแต่ละกลุ่มก็จะมีผลซึ่งกันและกัน และมีผลต่อความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับส่วนประกอบอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากก็จะเหลือเป็นกากตะกอนอินทรีย์และสารอนินทรีย์ก็ จะไม่มีการเปลี่ยนสภาพหลังจากที่ออกจากระบบแล้ว

ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย

ดร. สาโรช บุญยกิจสมบัติ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (Digital Library มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นเป็นกระบวนการทางธรรมชาติ ที่อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์จำพวกที่ไม่ชอบออกซิเจน ซึ่งจุลินทรีย์แบบไม่ชอบออกซิเจนนั้นมี 2 พวก คือ พวกที่สร้างมีเทน (Methanogenic Bacteria) และพวกที่ไม่สร้างมีเทน (Non-Methanogenic Bacteria) โดยจุลินทรีย์ประเภทสร้างมีเทนนี้จะใช้สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนเป็นสารอาหาร และให้ผลผลิตเป็นก๊าซมีเทน (สูตรโมเลกุล CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (สูตรโมเลกุล CO_2) เป็นหลัก โดยมีก๊าซอื่นๆ ในปริมาณเล็กน้อยเช่น ก๊าซไฮโดรเจน หรือ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (สูตรโมเลกุล H_2S) จุลินทรีย์กลุ่มนี้ไม่ชอบออกซิเจนอิสระ (สูตรโมเลกุล O_2 เป็นโมเลกุลที่มนุษย์ใช้หายใจเพื่อการดำรงชีพ) ดังนั้นในการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นจะต้องระวังไม่ให้ออกซิเจนสามารถเข้าไปสัมผัสกับจุลินทรีย์

กลุ่มที่สร้างมีเทน เพราะจะทำให้การผลิตก๊าซมีเทนด้อยประสิทธิภาพ และเนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มสร้างมีเทน สามารถใช้สารอาหารที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนเท่านั้น การผลิตก๊าซมีเทนจากสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน จึงต้องอาศัยการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มไม่สร้างมีเทน เพื่อทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีความซับซ้อนสูง ให้กลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีความซับซ้อนต่ำพอที่แบคทีเรียกลุ่มสร้างมีเทนสามารถย่อยสลายได้ ดังนั้นในการผลิตก๊าซมีเทนจะต้องอาศัยการร่วมมือของแบคทีเรียหลายๆ กลุ่มเข้าด้วยกัน โดยทั่วไปน้ำเสียและขยะที่มีสารอินทรีย์นั้นสามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้

ระบบผลิตก๊าซชีวภาพสามารถทำได้หลายวิธี ในประเทศไทยมีระบบต่างๆ ดังนี้ (ธนารัตน์ วรสูตร. 2546)

1. บ่อหมัก (Anaerobic Pond) ทำงานโดยอาศัยแบคทีเรียที่ลอยกระจายตัวอยู่ในบ่อแบคทีเรีย ในระบบจะมีความเข้มข้นต่ำทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์นานอยู่ระหว่าง 5-45 วัน ทำให้ต้องใช้พื้นที่บ่อใหญ่มาก และยากที่จะควบคุมแบคทีเรียให้มีปริมาณที่เหมาะสมได้ หากต้องการรวบรวมก๊าซชีวภาพมาใช้ต้องคลุมด้วยพลาสติก เช่น PVC หรือ HDPE

2. ถังหมัก (High Rate Anaerobic Contact) ประกอบด้วยถังกวนสมบูรณ์ (Continuous Stirred Tank Reactor) และถังตกตะกอนขนาดใหญ่ทำหน้าที่แยกแบคทีเรียออกจากน้ำเสียเพื่อนำตะกอนจุลินทรีย์มาหมุนเวียนกลับเข้าถังกวนสมบูรณ์ใหม่เพื่อรักษาปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ ถังกวนสมบูรณ์จะเลี้ยงแบคทีเรียชนิด Floc Sludge ให้มีความเข้มข้นสูงประมาณ 10,000-30,000 มก./ลิตร โดยทั่วไประบบจะสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้สูงสุด 6 กก.COD/ลบ.ม.-วัน

3. ถังกรองไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter หรือ Anaerobic Fixed Film) ได้ถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ได้ดีขึ้นกว่าถังหมักที่อาศัยการทำงานของตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยในน้ำเสีย มาเป็นแบบระบบที่อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะกับตัวกลาง ระบบจะประกอบด้วยถังบรรจุตัวกลาง (Media) ที่ยึดอยู่กับที่ โดยตัวกลางเป็นชนิดที่มีพื้นที่ผิวและช่องว่าง (Void Volume) สูง เพื่อป้องกันการอุดตันและเลี้ยงแบคทีเรียในช่องว่างหรือบนพื้นผิวของตัวกลาง น้ำเสียจะถูกจ่ายจากด้านล่างของถังกรองให้ไหลขึ้นผ่านชั้นตะกอนแบคทีเรียแล้วระบายออกทางด้านบน แบคทีเรียที่ลอยตัวอยู่ในช่องว่างของตัวกลางจะรวมตัวกันเป็นกลุ่มมีความเข้มข้นประมาณ 5,000-20,000 มก./ล. เรียกว่า Floc Sludge ส่วนแบคทีเรียที่เกาะบนผิวตัวกลางจะหนาประมาณ 1-3 มม. เรียกว่า Fixed Film แต่ Fixed Film เกิดยาก จะต้องใช้เทคนิคการควบคุมที่พิเศษมากขึ้นจึงจะเกิดได้ และเมื่อเกิดแล้วก็สามารถหลุดออกไปได้

4. Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) เป็นการเพาะเลี้ยงและคัดเลือก Anaerobic Bacteria ในถังปฏิกรณ์สูงประมาณ 4-7.5 เมตร จนเกิดเป็นเม็ดตะกอน (Granular Sludge) ขนาด 1-5 มม. ซึ่งจะมีน้ำหนักมากลอยอยู่ส่วนล่าง โดยมีความเข้มข้น 20-100 กก./ลบ.ม. เมื่อจ่ายน้ำเสียเข้าทางด้านล่างถึง น้ำเสียจะค่อยๆ ไหลผ่านชั้นเม็ดตะกอนขึ้นมา ทำให้มลสารต่างๆ ถูกกำจัดออกไป เนื่องจากเป็นปฏิกรณ์แบบไร้ออกซิเจนจะเกิดก๊าซชีวภาพขึ้น ซึ่งจะช่วยในการกวนน้ำเสียให้สัมผัสกับตะกอนแบคทีเรียได้อย่างสมบูรณ์ ด้านบนของถังปฏิกรณ์จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Gas Solid Separator (GSS) ทำหน้าที่แยกก๊าซ ตะกอนแบคทีเรียและน้ำที่ออกจากกัน น้ำทิ้งจะระบายไปยังระบบ Secondary Treatment ก๊าซชีวภาพจะถูกรวบรวม ส่งไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากมีก๊าซมีเทน (CH_4) อยู่ประมาณร้อยละ 50-85 ตะกอนแบคทีเรียจะตกกลับลงไปยังส่วนล่างของถังปฏิกรณ์ ระบบสามารถรับ COD Loading ได้สูงถึง 20 กก.COD/ลบ.ม.-วัน

อย่างไรก็ตาม ระบบผลิตก๊าซที่นิยมใช้เป็นที่แพร่หลาย และใช้ได้ผลแล้วในโรงงานผลิตแอมโมเนียในปัจุบันมีอยู่ 2 ระบบ คือ

1. ระบบถังป้อนปิด (Covered Tank) หรือ ระบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

ระบบถังป้อนปิด หรือระบบ UASB เป็นกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ที่ต้องทำการเลี้ยงตะกอนแบคทีเรียภายในถังหมัก น้ำเสียจะถูกป้อนเข้าจากใต้ถังด้วยระบบท่อพ่นกระจาย แล้วไหลย้อนขึ้นจากด้านล่างถึงไปด้านบนถัง เพื่อให้สัมผัสกับแบคทีเรียที่อยู่ภายในถัง ส่วนบนของถังจะมีการติดตั้งอุปกรณ์แยกก๊าซ น้ำเสีย และแบคทีเรีย ที่เรียกว่า GSS (Gas Solid Separator)

ระบบถังป้อนปิดมีขั้นตอนการทำงานโดยแบ่งออกเป็นระบบย่อย ดังนี้

1.1 ระบบ Acidification เป็นการสร้างปฏิกิริยา Acidification โดยน้ำเสียจากเครื่องแยกทั้งหมดจะถูกส่งเข้าปฏิกิริยา Acidification เพื่อทำหน้าที่ย่อยสลายแบ่งในน้ำเสียให้มีอนุภาคเล็กลงก่อน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพให้กับถัง UASB โดยในปฏิกิริยานี้ ระบบจะติดตั้งเครื่องกวนเพื่อป้องกันการตกตะกอนของแบคทีเรีย และ สารอินทรีย์ต่างๆ ด้วย

1.2 ระบบปรับ PH เพื่อให้ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในถัง UASB เหมาะสมกับการทำงานของจุลินทรีย์ ที่สร้างก๊าซชีวภาพ ระบบได้ออกแบบ ให้มีระบบปรับ pH อัตโนมัติ อยู่ภายในปฏิกิริยาเดียวกับถัง UASB เลยเพื่อสามารถปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้เร็วขึ้น โดยระบบปรับ pH นี้ได้ออกแบบ ให้มีถังเตรียมสารละลายปูนขาว อยู่ภายนอกถัง UASB และใช้ระบบจ่ายสารละลายปูนขาว โดยการฉีดพ่นกระจาย เข้าไปในท่อใต้ถัง UASB

1.3 ถัง UASB เป็นการสร้างถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ภายในถังเคลือบด้วยสาร Polyvinyl Urethane ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 27 เมตร สูง 10 เมตร ปริมาตรถึงเท่ากับ 5,700 ลูกบาศก์เมตร (คำนวณจากกำลังการผลิตแ่งมันสำปะหลังที่ 150-180 ตัน/วัน) โดยถังคอนกรีตจะทำหน้าที่ในการผลิตก๊าซชีวภาพที่มาจากบ่อ Acidification โดยจะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพที่มีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนถึง 65% และ น้ำที่ออกจากถัง UASB จะมีคุณภาพดีขึ้น 95-98% ด้านบนของถังปฏิกิริยาจะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Gas Solid Separator (GSS) ซึ่งจะทำหน้าแยกก๊าซ ตะกอนแบคทีเรีย และน้ำทั้งออกจากกัน น้ำทั้งจะถูกระบายไปยังบ่อนำบดน้ำเสียต่อไป ก๊าซชีวภาพจะถูกรวบรวมส่งไปใช้เป็นเชื้อเพลิง และตะกอนแบคทีเรียจะตกกลับลงไปส่วนล่างของถังปฏิกิริยา

1.4 บ่อเก็บก๊าซชีวภาพ ทำหน้าที่เก็บก๊าซชีวภาพสำรอง และเพื่อปรับความดันและอัตราการไหลของระบบให้คงที่ โดยระบบสามารถเก็บก๊าซชีวภาพได้นาน 3 ชั่วโมงการผลิต

1.5 ระบบ Gas Flare สำหรับเผาก๊าซชีวภาพที่เหลือจากการใช้งาน

1.6 ระบบส่งก๊าซชีวภาพ สำหรับใช้ส่งก๊าซชีวภาพไปใช้งานยัง Burner



รูปที่ 3 ลักษณะของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ Upflow Anaerobic Sludge

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2554).
คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 5. ออนไลน์.

2. ระบบบ่อปิด (Covered Lagoon) หรือ ระบบ High Rate Anaerobic Lagoon (HL)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปิด คือระบบบ่อหมักระบบปิด มีลักษณะเป็นสระหรือบึงรูปรางสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีการคลุมด้วยแผ่นพลาสติกจำพวก High Density Polyethylene เพื่อให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจน และใช้เป็นตัวเก็บรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ระบบบ่อปิดนี้เป็นระบบที่ก่อสร้างง่ายและสะดวกในการเดินระบบ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีการเติมอากาศ ไม่มีการกวน ยิ่งบ่อมีความลึกมากย่อมมีประสิทธิภาพในการผลิต ก๊าซชีวภาพมากขึ้น เพราะทำให้บ่อมีสภาพไร้ออกซิเจนมากขึ้นนั่นเอง เหมาะกับน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง และน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยสูง



รูปที่ 4 บ่อแบบ Covered Lagoon

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2554).
คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 5. ออนไลน์.

ระบบบ่อต่างๆ จะใช้เทคนิคการบดอัดดินที่พื้นบ่อ แล้วปูขอบบ่อด้วย พลาสติกชนิด HDPE : High Density Polyethylene เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการพังทลายของขอบบ่อ เนื่องจากการสัมผัสของน้ำเสียด้านข้างบ่อ ขนาดบ่อโดยประมาณ กว้าง x ยาว x ลึก เท่ากับ 150 x 250 x 4 เมตร ปริมาตรบ่อเท่ากับ 100,000 ลูกบาศก์เมตร จากนั้นจะใช้พลาสติกชนิดเดียวกัน High Density Polyethylene คลุมครอบบ่อดิน เพื่อเก็บกักก๊าซชีวภาพ โดยระบบบ่อปิด หรือระบบ HL มีขั้นตอนการทำงานโดยแบ่งออกเป็นระบบย่อย ดังนี้

2.1 ระบบดักดิน ทราย และอินทรีย์สารต่าง ๆ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตจำนวน 3,500 ลูกบาศก์เมตร/วัน จะถูกปั๊มส่งเข้ามาที่บ่อดักทรายของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ HL (High Rate Anaerobic Lagoon) และทำการดักทราย เปลือกมันส่วนที่ย่อยสลายไม่ได้ ออก เพื่อเป็นการป้องกันระบบตัน

2.2 ระบบ Acidification (บ่อหมักกรด) น้ำที่ออกจากบ่อดักทรายจะส่งไปยังบ่อหมักกรด (Acidification) เพื่อทำการย่อยสลายอินทรีย์ในน้ำเสียจากโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็ก และทำการเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำให้เป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย

2.3 ระบบปรับค่ากรด-ด่าง (บ่อปรับ pH) น้ำที่ไหลออกจากบ่อหมักกรด จะถูกส่งไปยังบ่อปรับ pH เพื่อเป็นระบบ Safety ทำหน้าที่ปรับค่าความเป็นกรดและด่าง ให้เหมาะสม โดยระบบนี้ได้ออกแบบมาว่าไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมี แต่ใช้น้ำเสียจากบ่อบำบัดสุดท้ายที่มี pH ประมาณ 8.0-9.0 มาปรับแทน น้ำที่ถูกปรับ pH แล้วจะถูกปั๊มเข้าระบบผลิตก๊าซชีวภาพ HL เพื่อทำการผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป

2.4 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ (High Rate Anaerobic Lagoon) น้ำที่ออกจากบ่อปรับ pH ที่มีค่า pH เหมาะสมจะถูกสูบเข้าไปบ่อ HL เพื่อสัมผัสกับแบคทีเรียและเกิดการย่อยสลายและสร้างก๊าซชีวภาพ โดยใช้ปฏิกิริยา แบบ Methanogenesis (ปฏิกิริยาผลิตก๊าซมีเทน) น้ำเสียที่ผ่านระบบ HL นอกจากจะได้ก๊าซมีเทนแล้ว ยังสามารถลดค่าความสกปรกของน้ำเสียได้ไม่น้อยกว่า 80% น้ำที่ออกจากบ่อ HL จะไหลไปยังบ่อน้ำล้น

2.5 ระบบบ่อน้ำล้น น้ำที่ออกจากบ่อ HL จะไหลผ่านรางน้ำล้นยาวเข้าบ่อน้ำล้น และเป็นการกำจัดสกัม เพื่อเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ในชั้นที่สองเพื่อให้เกิดก๊าซเพิ่มขึ้น สารอินทรีย์ที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์จะถูกย่อยสลายในบ่อน้ำล้น โดยใช้ระบบ Anaerobic Contact และเป็นการรักษาสมดุลของแบคทีเรียโดยการเก็บแบคทีเรียที่หลุดจากบ่อ HL กลับเข้าไปยังระบบเดิม ดังนั้นจึงเป็นการรักษา Mass Balance ของระบบและเชื้อจุลินทรีย์ด้วย น้ำที่ออกจากบ่อน้ำล้นจะถูกย่อยสลายสารอินทรีย์จนเกือบหมดและไหลเข้าระบบบำบัดน้ำเสียเดิม (บ่อผึ่ง) ของโรงงานต่อไป

2.6 ระบบท่อก๊าซชีวภาพ เพื่อนำก๊าซชีวภาพที่ได้ ไปเข้า Burner แบบ Dual Fuel ที่สามารถใช้เชื้อเพลิงได้ทั้ง 2 ชนิด คือ ทั้งก๊าซชีวภาพ และน้ำมันเตา

2.7 ระบบเผาก๊าซชีวภาพ เป็นการป้องกันแรงดันในบ่อไม่ให้สูงเกิน 2 มิลลิบาร์ และมีความปลอดภัย มากกว่าบ่อปูน ถึง 40 เท่า เนื่องจากบ่อปูน UASB หรือ FIX FILM มีแรงดันในบ่อ 80-100 มิลลิบาร์ แต่ในขณะที่บ่อแบบ HL มีแรงดันเพียง 1 มิลลิบาร์

2.8 ระบบจัดการตะกอน ระบบมีการออกแบบการดึงตะกอนออกโดย Gravity Flow ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาในการจัดการตะกอนในระบบ

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้ออกประกาศเรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ง วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539 มีเนื้อหา ดังนี้

ตารางที่ 2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม		
ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	- ไม่เกิน 3,000 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่แต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. - น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเลค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก.ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ 2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ต่อ)

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม		
ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H ₂ S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
9. ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Spectrophotometry
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Aminoantipyrine Iodometric Method
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี (5 วันที่ อุณหภูมิ 20°C) (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่ อุณหภูมิ 20°C เป็น เวลา 5 วัน

ตารางที่ 2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ต่อ)

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม		
ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
16.1 สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
16.2 โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
16.3 โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
16.4 ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
16.5 แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	
16.6 แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
16.7 ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
16.8 นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
16.9 แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	

ตารางที่ 2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ต่อ)

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม		
ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
16.10 อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
16.11 เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	
16.12 ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Technique

นอกจากนี้ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมยังได้ประกาศเรื่อง กำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 4 ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ง ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539 ดังนี้

การกำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

1. ในประกาศนี้

1.1 "โรงงานอุตสาหกรรม" หมายความว่า โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

1.2 "นิคมอุตสาหกรรม" หมายความว่า นิคมอุตสาหกรรมตามกฎหมายว่าด้วยนิคม อุตสาหกรรม หรือโครงการที่จัดไว้สำหรับการประกอบอุตสาหกรรมที่มีการจัดการระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ สาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมร่วมกัน

1.3 "น้ำเสีย" หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปน หรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

1.4 "น้ำทิ้ง" หมายความว่า น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรมด้วย โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนด

ไว้ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

1.5 "แหล่งน้ำสาธารณะ" ให้ความหมายรวมถึง ท่อระบายน้ำสาธารณะด้วย

1.6 "การบำบัดน้ำเสีย" หมายความว่า กระบวนการทำหรือปรับปรุงน้ำเสียเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แต่ทั้งนี้ ห้ามมิให้ใช้วิธีการทำให้เจือจาง(Dilution)

2. โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ตามบัญชีท้ายประกาศนี้ เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

3. นิคมอุตสาหกรรม ตามข้อ 1. เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

4. ห้ามมิให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม ตามข้อ 2. และข้อ 3. ปล่อยน้ำเสีย ลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม เว้นแต่น้ำเสียดังกล่าวไม่ผ่านการบำบัดหรือไม่ก็ต้องมีคุณภาพตามมาตรฐาน ควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภท โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

คณะกรรมการควบคุมมลพิษได้ประกาศเรื่อง กำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่อนุญาตให้ระบายน้ำทิ้งให้มีค่ามาตรฐานแตกต่างจากค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดได้ ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม วันที่ 20 สิงหาคม 2539 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 75ง ลงวันที่ 17 กันยายน 2539 มีรายละเอียด ดังนี้

กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิด ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

1. ให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีไม่ เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ

1.1 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ ซึ่งมีใช้สัตว์น้ำ ประเภทการฆ่าสัตว์ตามลำดับที่ 4(1)

1.2 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเมล็ดพืชหรือหัวพืชประเภทการทำแบ่งตามลำดับที่ 9(2)

1.3 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารจากแบ่งอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 10

1.4 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างตามลำดับที่ 15

1.5 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้ายหรือเส้นใย ซึ่งมีใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 22

1.6 โรงงานหมัก ช้าและ อบ ปั่นหรือบด ฟอก ชัดและแต่ง แต่งสำเร็จอัดเป็นลายฉลุ หรือเคลือบสีหนังสือตามลำดับที่ 29

1.7 โรงงานผลิตเยื่อหรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 38

1.8 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุซึ่งมีใช้ป้อนอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 42

1.9 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยาอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 46

1.10 โรงงานห้องเย็น ตามลำดับที่ 92

2. ภายใน 1 ปี นับแต่วันที่ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539) มีผลใช้บังคับให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ตามบัญชีท้ายประกาศข้างต้น ระบายน้ำทิ้ง ที่มีค่าที่เคเอ็น ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เว้นแต่โรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ 3

3. ภายใน 2 ปี นับแต่วันที่ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539) มีผลใช้บังคับให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าที่เคเอ็น ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ

3.1 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รสหรือสีของอาหาร ตามลำดับที่ 13(2)

3.2 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูป สำหรับเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับที่ 15(1)

4. ให้โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าซีโอดี ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ

4.1 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุง กลิ่น รสหรือสีของอาหาร ตามลำดับที่ 13(2)

4.2 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับที่ 15(1)

4.3 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้ายหรือเส้นใย ซึ่งมีใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 22

4.4 โรงงานหมัก ข้าแหละ อบ ปั่นหรือบด ฟอก ชัดและแต่ง แต่งสำเร็จ อัดให้เป็น ลายนูน หรือเคลือบสีหนังสือสัตว์ ตามลำดับที่ 29

4.5 โรงงานผลิตเยื่อหรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 38

กรมควบคุมมลพิษ ประกาศเรื่อง วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม วันที่ 28 ตุลาคม 2539 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 91ง ลงวันที่ 12 พฤศจิกายน 2539 ดังนี้

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง น้ำทิ้งจากโรงงาน อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

1. การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เก็บ ณ จุดที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่ สิ่งแวดล้อม นอกเขตที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม ในกรณีที่มีการระบาย น้ำทิ้งหลายจุดให้เก็บทุกจุด

2. วิธีการเก็บ ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เป็นไปดังนี้

2.1 โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ให้เก็บแบบจ้วง 1 ครั้ง

2.2 นิคมอุตสาหกรรม ให้เก็บแบบผสมผสาน โดยเก็บ 4 ครั้งๆ ละ 500 มิลลิลิตร ทุก 2 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน

กระทรวงอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2535) ได้ประกาศพระราชบัญญัติ โรงงาน พ.ศ.2535 ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 109 ตอนที่ 44 วันที่ 9 เมษายน 2535 มาตราที่ เกี่ยวข้อง คือ มาตรา 8 และ 45 โดยมีข้อความ ดังนี้

มาตรา 8 เพื่อประโยชน์ในการควบคุมการประกอบกิจการโรงงานให้รัฐมนตรีมีอำนาจ ออกกฎกระทรวงเพื่อให้โรงงานจำพวกใดจำพวกหนึ่งหรือทุกจำพวกตามมาตรา 7 ต้องปฏิบัติ ตามในเรื่องดังต่อไปนี้

1. กำหนดหลักเกณฑ์เกี่ยวกับที่ตั้งของโรงงาน สภาพแวดล้อมของโรงงาน ลักษณะ อาคารของโรงงานหรือลักษณะภายในของโรงงาน

2. กำหนดลักษณะ ประเภทหรือชนิดของเครื่องจักร เครื่องอุปกรณ์หรือสิ่งที่ต้อง นำมาใช้ในการประกอบกิจการโรงงาน

3. กำหนดให้มีคนงานซึ่งมีความรู้เฉพาะตามประเภท ชนิดหรือขนาดของโรงงานเพื่อ ปฏิบัติหน้าที่หนึ่งหน้าที่ใดประจำโรงงาน

4. กำหนดหลักเกณฑ์ที่ต้องปฏิบัติ กรรมวิธีการผลิตและการจัดให้มีอุปกรณ์หรือ เครื่องมืออื่นใดเพื่อป้องกันหรือระงับหรือบรรเทาอันตรายความเสียหายหรือความเดือดร้อนที่ อาจเกิดแก่บุคคลหรือทรัพย์สินที่อยู่ในโรงงานหรือที่อยู่ใกล้เคียงกับโรงงาน

5. กำหนดมาตรฐานและวิธีการควบคุมการปล่อยของเสีย มลพิษหรือสิ่งใดๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการโรงงาน

6. กำหนดการจัดให้มีเอกสารที่จำเป็นประจำโรงงานเพื่อประโยชน์ในการควบคุมหรือตรวจสอบการปฏิบัติตามกฎหมาย

7. กำหนดข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับการประกอบกิจการโรงงานที่ผู้ประกอบการโรงงานต้องแจ้งให้ทราบเป็นครั้งคราวหรือตามระยะเวลาที่กำหนดไว้

8. กำหนดการอื่นใดเพื่อคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงานเพื่อป้องกันหรือระงับหรือบรรเทาอันตรายหรือความเสียหายที่อาจเกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน

กฎกระทรวงตามวรรคหนึ่งจะกำหนดให้ยกเว้นโรงงานประเภท ชนิด หรือขนาดใดจากการต้องปฏิบัติในเรื่องหนึ่งเรื่องใดก็ได้ และกฎกระทรวงดังกล่าวจะสมควรกำหนดให้เรื่องที่เป็นรายละเอียดทางด้านเทคนิคหรือเป็นเรื่องที่ต้องเปลี่ยนแปลงรวดเร็วตามสภาพสังคม ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาก็ได้

มาตรา 45 ผู้ใดฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 8 (1) (2) (3) (4) (5) หรือ (8) หรือประกาศของรัฐมนตรีที่ออกตามกฎกระทรวงดังกล่าว ต้องระวางโทษปรับไม่เกินสองแสนบาท

ทฤษฎีการตัดสินใจ

ความหมายของการตัดสินใจ

บาร์นาร์ด (Barnard. 1938 : 168-169) ได้ให้ความหมายของการตัดสินใจว่าเป็นเทคนิควิธีที่ลดทางเลือกลงมาให้เหลือเพียงทางเดียว

กริฟฟิธส์, ดี อี (Griffiths, D. E. 1959 : 104) ให้ความหมายว่า การตัดสินใจเป็นการศึกษาทางเลือกทางการปฏิบัติโดยการคิดการเลือกทางเลือกที่แตกต่างกัน

ไซมอน, เฮร์เบอร์ท เอ (Simon, Herbert A. 1979 : 41) ให้ความหมายว่า การตัดสินใจเป็นกระบวนการของการหาโอกาสที่จะตัดสินใจ การหาทางเลือกที่พอเป็นไปได้ และทางเลือกจากงานต่างๆ ที่มีอยู่

มูดี (Moody 1997 : 87) ให้ความหมายว่า การตัดสินใจเป็นการกระทำที่ต้องทำเมื่อไม่มีเวลาที่จะหาข้อเท็จจริงอีกต่อไป ปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือ เมื่อใดตัดสินใจว่าควรหยุดหาข้อเท็จจริงแนวทางแก้ไขจะเปลี่ยนแปลงไปตามปัญหาที่ต้องแก้ไข ซึ่งการรวบรวมข้อเท็จจริงเกี่ยวข้องกับการใช้จ่ายและการใช้เวลา

บรยงค์ โตจินดา (2548 : 178) กล่าวว่า การวินิจฉัยสั่งการหรือการตัดสินใจ หมายถึง การที่ผู้บริหารหรือผู้บังคับบัญชาพิจารณาตัดสินใจและสั่งการในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การวินิจฉัยสั่งการหรือการตัดสินใจเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก เพราะการวินิจฉัยสั่งการจะเป็นการเลือกทางเลือกดำเนินการที่ดีที่สุดในบรรดาทางเลือกหลายๆ ทาง

สมคิด บางโม (2548 : 175) กล่าวว่า การตัดสินใจ หมายถึง การตัดสินใจเลือกทางปฏิบัติซึ่งมีหลายแนวทางเป็นแนวปฏิบัติไปสู่เป้าหมายที่วางไว้ การตัดสินใจนี้อาจเป็นการตัดสินใจที่จะกระทำการสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหลายสิ่งหลายอย่างเพื่อความสำเร็จตรงตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ ในทางปฏิบัติการตัดสินใจมักเกี่ยวข้องกับปัญหาที่ยุ้งยากสลับซับซ้อน และมีวิธีการแก้ปัญหาให้วินิจฉัยมากกว่าหนึ่งทางเสมอ ดังนั้น จึงเป็นหน้าที่ของผู้วินิจฉัยปัญหาว่าจะเลือกส่งการปฏิบัติโดยวิธีใดจึงจะบรรลุเป้าหมายอย่างดีที่สุดและบังเกิดผลประโยชน์สูงสุดแก่องค์กรนั้น

กระบวนการตัดสินใจ

กระบวนการตัดสินใจมี 5 ขั้นตอน (ณัฐยา สันตะการผล. 2554 : 20-52) ประกอบไปด้วย

1. การสร้างสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนความสำเร็จ
2. การกำหนดขอบของประเด็นปัญหาอย่างเหมาะสม
3. การสร้างทางเลือก
4. การประเมินทางเลือก
5. การเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด

การสร้างสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนความสำเร็จ

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมนั้นจำเป็นอย่างยิ่งต่อการตัดสินใจที่ประสบความสำเร็จ คำว่า สภาพแวดล้อม (Context) หรือบริบท ในที่นี้หมายถึง สภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และพฤติกรรมในการพิจารณาความคิดและข้อมูลต่างๆ รวมไปถึงการตัดสินใจด้วย ซึ่งลักษณะแวดล้อมที่ดีควรประกอบด้วย

1. การเชิญบุคคลที่เหมาะสมให้เข้ามามีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ประกอบด้วย ผู้ที่มีอำนาจในเรื่องการจัดสรรทรัพยากรและทำให้การตัดสินใจนั้นได้รับการยอมรับ ผู้มีส่วนได้เสียจากการตัดสินใจ ผู้ที่เชี่ยวชาญ ผู้ที่คัดค้าน ผู้สนับสนุน
2. มีการประชุมกันในสถานที่ที่กระตุ้นให้เกิดการคิดอย่างสร้างสรรค์ เช่น การประชุมนอกสถานที่ การจัดเฟอ์ริเจอร์ในห้องประชุมใหม่
3. ผู้ที่ร่วมในการตัดสินใจมีการตกลงกันว่า จะทำการตัดสินใจอย่างไร หรือด้วยวิธีใด ซึ่งมีวิธีการ ดังนี้

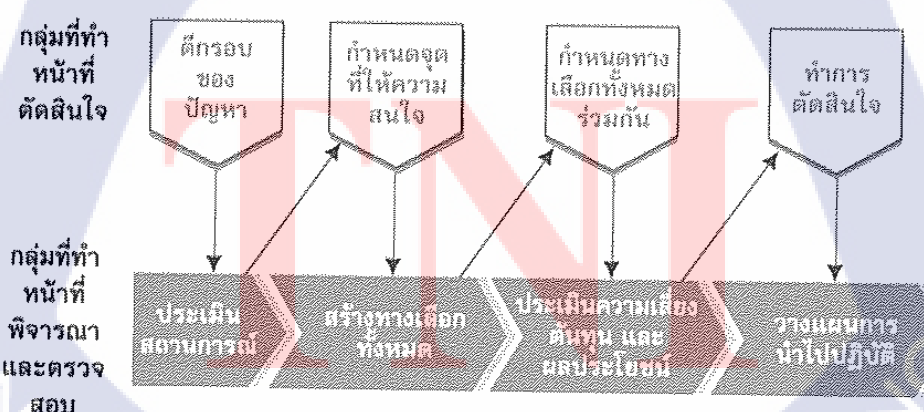
3.1 การตัดสินใจโดยใช้ฉันทามติ (Consensus) ผู้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจทุกคนจะเข้าประชุมและอภิปรายกันเกี่ยวกับข้อเสนอที่ต้องตัดสินใจอย่างเปิดเผย โดยพยายามบรรลุข้อตกลงร่วมกัน และยอมรับการตัดสินใจขั้นสุดท้ายนั้น

3.2 การตัดสินใจโดยให้ผู้นำกลุ่มเป็นผู้ลงมติ (Qualified Consensus) กลุ่มที่ทำการตัดสินใจจะพยายามบรรลุข้อตกลงร่วมกันให้ได้โดยใช้ฉันทามติ แต่ถ้าหากไม่สามารถหาข้อตกลงร่วมกันได้ สมาชิกในกลุ่มก็จะยินยอมให้หัวหน้ากลุ่มที่ได้รับการยอมรับเป็นผู้ลงมติหรือเป็นผู้ทำการตัดสินใจ

3.3 การตัดสินใจโดยใช้มติเสียงข้างมาก (Majority) กลุ่มที่ทำการตัดสินใจจะทำการลงมติ และจะตัดสินใจตามเสียงข้างมาก โดยถ้าหากกลุ่มตัดสินใจนั้นมีหัวหน้ากลุ่ม ผู้ที่เป็นหัวหน้ากลุ่มอาจจะตอกเสียงในกรณีปกติหรือเมื่อมีเสียงข้างมากชัดเจน แต่ถ้าหากมีคะแนนเสียงหรือมีมติเท่ากัน ผู้ที่เป็นหัวหน้ากลุ่มก็จะเข้าร่วมลงมติด้วย

3.4 การตัดสินใจโดยการใช้อำนาจผู้นำแบบชี้แนะหรือให้ผู้นำกลุ่มเป็นผู้ชี้แนะ (Directive Leadership) ผู้นำกลุ่มจะเป็นผู้ทำการตัดสินใจ แล้วจึงแจ้งให้สมาชิกในกลุ่มทราบเกี่ยวกับการตัดสินใจและให้เหตุผลสนับสนุน

4. มีการส่งเสริมให้เกิดการอภิปรายกันและเปิดกว้างต่อความคิดเห็นที่แตกต่าง โดย เดวิด; และจิม เมทเธสัน (David; and Jim Matheson. 1998 : 24) ได้เสนอวิธีการตัดสินใจด้วยการซักถามและพิจารณาอย่างละเอียด โดยการแบ่งสมาชิกในกลุ่มตัดสินใจออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ทำหน้าที่ตัดสินใจ (กลุ่มที่มีอำนาจสั่งการในการจัดสรรทรัพยากร) และกลุ่มที่ทำหน้าที่พิจารณาและตรวจสอบ ซึ่งประกอบด้วยบุคคลที่มีข้อมูลประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ โดยทั้งสองกลุ่มจะดำเนินตามขั้นตอนที่ได้อธิบายในภาพที่ 3 ได้แก่ การอภิปรายกันเพื่อซักถามและพิจารณาอย่างละเอียด ตลอดจนหาข้อโต้แย้ง และสร้างความเข้าใจร่วมกันเพื่อให้เกิดฉันทามติในที่สุด



รูปที่ 5 กระบวนการตัดสินใจโดยการประชุมอภิปราย

ที่มา : David; and Jim Matheson. (1998). **The Smart Organization.** p. 178.

การกำหนดขอบของประเด็นปัญหาอย่างเหมาะสม

การกำหนดกรอบของปัญหา เป็นขั้นตอนที่สองในกระบวนการตัดสินใจ โดย กรอบ (Frame) เป็นกรอบทางความคิดที่เราใช้เพื่อมองปัญหา สถานการณ์ หรือโอกาสบางอย่าง ซึ่งกรอบความคิดดังกล่าวมีอิทธิพลมากขนาดที่สามารถจำกัดความคิดได้ ถึงแม้ว่าจะมีหลักฐานมาสนับสนุนความคิดอีกอย่างหนึ่งก็ตาม

การสร้างทางเลือก

การที่จะทำการตัดสินใจได้อย่างรอบด้าน จำเป็นต้องมีตัวเลือก และการสร้างทางเลือกต่างๆ ก็คือตัวเลือก หลังจากพิจารณาข้อดีข้อเสียของทางเลือกต่างๆ จึงทำให้มีความพร้อมในการตัดสินใจ แนวทางในการสร้างทางเลือกที่ดี คือ การระดมความคิด (Brainstorming) เป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อสร้างทางเลือกและแนวทางต่างๆ ในการแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะทำได้โดยการให้ต่างคนต่างคิดแล้วเสนอในที่ประชุม หรือช่วยกันคิดแบบเป็นกลุ่ม ลักษณะของทางเลือกที่ดี มีดังนี้

1. เป็นทางเลือกที่ครอบคลุมและหลากหลาย สามารถแก้ปัญหาได้หมดทุกจุด
2. เป็นทางเลือกที่แท้จริง ไม่ใช่สร้างขึ้นมาเพื่อลอง
3. เป็นทางเลือกที่มีความเป็นไปได้
4. เป็นทางเลือกที่มีจำนวนมากพอ

การประเมินทางเลือก

เมื่อระบุทางเลือกได้แล้ว จึงนำทางเลือกมาเพื่อทำการประเมินให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยพิจารณาจากปัจจัย ดังต่อไปนี้

1. ค่าใช้จ่าย
2. ผลกำไรหรือผลประโยชน์
3. ผลกระทบทางการเงิน
4. สิ่งที่ต้องจับต้องไม่ได้ เช่น ชื่อเสียง ความพอใจ ความภาคภูมิใจ
5. เวลา
6. ความเป็นไปได้
7. ทรัพยากร
8. ความเสี่ยง
9. จริยธรรม

ปัจจัยที่สำคัญเชิงธุรกิจที่ต้องนำมาพิจารณา คือ ผลกระทบทางการเงิน โดยพิจารณาจากการวิเคราะห์ทางการเงิน ซึ่งใช้มูลค่าสุทธิเป็นเครื่องมือประกอบการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพและมีประโยชน์มากที่สุดสำหรับผู้บริหารหรือผู้นำกลุ่มในการตัดสินใจ นอกจากนี้ ยังเป็นเครื่องมือช่วยชี้ให้เห็นอัตราต้นทุนของเงินทุนได้อีกด้วย

ในบางครั้งการวิเคราะห์ทางการเงินอาจไม่สามารถนำมาช่วยในการตัดสินใจได้ จึงมีวิธีอื่นๆ เพื่อช่วยในการตัดสินใจ เช่น การใช้ตารางจัดลำดับความสำคัญหรือการลงคะแนนถ่วงน้ำหนัก (Prioritization Matrix) การใช้ตารางการแลกเปลี่ยน (Trade-off Table) แผนภูมิต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นต้น

การเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด

การเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดหรือการตัดสินใจ สามารถนำวิธีการดังต่อไปนี้มาใช้ เพื่อให้ได้ข้อสรุป

1. วิธีการรับ-ส่งต่อความคิด (Catchball) เป็นวิธีอาศัยความร่วมมือระหว่างฝ่ายต่างๆ เพื่อให้ได้ 2 สิ่ง คือ เพื่อปรับปรุงความคิดให้ดียิ่งขึ้น และเพื่อกระตุ้นให้สมาชิกในกลุ่มตัดสินใจมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น

2. วิธีการมองต่างมุม (Point/Counterpoint) ใช้หลักการเกี่ยวกับการปรับปรุงให้ดีขึ้นแบบซ้ำแล้วซ้ำอีก แต่แตกต่างกันตรงที่วิธีนี้แบ่งสมาชิกออกเป็น 2 กลุ่ม มีขั้นตอน ดังนี้

- 2.1 แบ่งสมาชิกออกเป็น 2 กลุ่ม โดยในแต่ละกลุ่มมีทั้งผู้สนับสนุนและคัดค้าน
- 2.2 กลุ่มแรกเสนอการตัดสินใจอย่างหนึ่ง
- 2.3 กลุ่มแรกนำเสนอข้อเสนอกับกลุ่มสอง ในการประชุมครั้งแรก
- 2.4 กลุ่มสองรวบรวมข้อมูลสนับสนุน
- 2.5 กลุ่มสองนำเสนอให้กลุ่มแรก ในการประชุมครั้งที่สอง
- 2.6 อภิปรายร่วมกันในการประชุมครั้งที่สาม

3. วิธีการตรวจสอบหรือสอดส่องความคิด (Intellectual Watchdog) เป็นวิธีการคล้ายกับการมองต่างมุม เริ่มต้นด้วยการแบ่งสมาชิกออกเป็น 2 กลุ่ม โดยการใช้การวิจารณ์เพื่อให้กลุ่มที่นำเสนอนำไปปรับปรุงและปรับเปลี่ยน โดยมีขั้นตอน ดังนี้

- 3.1 แบ่งสมาชิกออกเป็น 2 กลุ่มเท่าๆ กัน
- 3.2 กลุ่มแรกเขียนข้อเสนอสำหรับการตัดสินใจ
- 3.3 กลุ่มแรกนำเสนอข้อเสนอกับกลุ่มสอง ในการประชุมครั้งแรก
- 3.4 กลุ่มสองเขียนวิจารณ์อย่างละเอียด
- 3.5 กลุ่มสองนำเสนอคำวิจารณ์ให้กลุ่มแรก ในการประชุมครั้งที่สอง
- 3.6 กลุ่มแรกทบทวนข้อเสนอดำเนินการโดยใช้คำวิจารณ์ของกลุ่มสองเป็นแนวทาง
- 3.7 กลุ่มแรกนำเสนอข้อเสนอมที่ปรับปรุงแล้ว ในการประชุมครั้งที่สาม

3.8 การประชุมครั้งต่อไป เพื่อให้ทั้งสองกลุ่มได้วิจารณ์และปรับเปลี่ยนข้อเสนอจนตกลงกันได้

ความเป็นมาของบริษัท

บริษัท XXX ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี 2490 โดยประกอบธุรกิจการซื้อแร่ลูปแฟรมซึ่งเป็นสินแร่จากทั้งสเปนในระยะเริ่มแรก

บริษัท XXX เริ่มธุรกิจมันสำปะหลังโดยการซื้อแบ่งมันสำปะหลังจากโรงงานเล็กๆ หลายแห่ง แล้วส่งไปขายในสหรัฐอเมริกาซึ่งสร้างผลกำไรให้พอควรแม้ว่าในขณะนั้นคุณภาพของแบ่งจะยังไม่สูงมากนัก ในช่วงนั้นทั้งบราซิล และอินโดนีเซียซึ่งเป็นผู้ผลิตแบ่งมันสำปะหลังรายใหญ่ ไม่สามารถผลิตแบ่งมันสำปะหลังได้เพียงพอกับความต้องการของตลาดโลก XXX จึงได้ตัดสินใจที่จะขยายธุรกิจโดยการซื้อหัวมันสำปะหลังและผลิตแบ่งมันสำปะหลังเอง และได้เข้าพื้นที่บริเวณอำเภอศรีราชา โดยทำเป็นสัญญาเช่าระยะยาว และสร้างโรงงานผลิตแบ่งมันสำปะหลังแห่งแรกบนพื้นที่เช่านั้น เพื่อทำการผลิตแบ่งมันสำปะหลัง

ธุรกิจมันสำปะหลังของ XXX ก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับ XXX ได้ซื้อกิจการจากบริษัทคู่แข่งอันประกอบไปด้วยโรงงานริมแม่น้ำบางปะกง รวมทั้งโรงงานที่ระยองทำให้ XXX เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายรายใหญ่ในอุตสาหกรรมมันสำปะหลัง ต่อมา XXX ได้บุกเบิกการส่งออกแบ่งมันสำปะหลังไปประเทศญี่ปุ่น และในปี 2506 XXX ได้ขยายธุรกิจจนเป็นผู้ส่งออกแบ่งมันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และได้ขยายกำลังการผลิตแบ่งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 20 ปีต่อมา และเมื่อการปลูกสำปะหลังได้ขยายไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ XXX ได้ขยายกิจการโดยการสร้างโรงงานเพิ่มเติมที่จังหวัดนครราชสีมา อุดรธานี กาฬสินธุ์ และกำแพงเพชร ซึ่งใกล้กับแหล่งปลูกมันสำปะหลัง ต่อมาในปี 2528 XXX ได้รับอนุญาตให้เป็นหลักทรัพ์จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

ในปี 2537 XXX เข้าร่วมทุนกับบริษัทรัฐวิสาหกิจของประเทศเวียดนาม โดยจัดตั้งบริษัทร่วมทุนชื่อ YYY ดำเนินธุรกิจผลิตและจำหน่ายแบ่งมันสำปะหลัง และกลูโคส โดย XXX มีสัดส่วนการถือหุ้นร้อยละ 70 ของทุนจดทะเบียน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประภา ไช้สลาม (2549) ได้ศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้บึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหาร พบว่า ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลได้ผิวดักกลางมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบน้ำไหลบนผิวดักกลางที่ระบบที่มีขนาดเท่ากัน แต่แบบน้ำไหลบนผิวดักกลางสามารถรับปริมาณน้ำเสียได้มากกว่า ในงานวิจัยนี้ได้ประเมินประสิทธิภาพของระบบที่ระดับน้ำต่างกัน 3 ระดับ ก) 10 ซม. ได้ระดับดักกลาง ข) เท่ากับระดับดักกลาง ค) 10 ซม. เหนือ

ระดับตัวกลาง ที่ระยะเวลาเก็บน้ำเสีย 5, 4 และ 3 วัน โดยปลูกพืชคือ *Typha Augustifolia* ในระบบบึงประดิษฐ์ขนาดเล็กและทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมัน ประสิทธิภาพในการบำบัดมลสารไม่แตกต่างกันที่ระดับน้ำ และระยะเวลาเก็บต่างกัน ซึ่งสามารถบำบัดบีโอดีได้ร้อยละ 95.2-96.8 ของแ่งแขวนลอยทั้งหมด 88.9-97 ที่เคเอ็น 59.3-79.2 การประยุกต์ส่วนตกตะกอนบริเวณที่ปล่อยน้ำเสียเข้าระบบช่วยแยกของแ่งแขวนลอยทั้งหมด และเพิ่มการย่อยสลายสารอินทรีย์ ของแ่งแขวนลอยทั้งหมดจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากผ่านส่วนตกตะกอนทุกระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย ประสิทธิภาพการกำจัดของแ่งแขวนลอยทั้งหมดได้ร้อยละ 89.7-93.4 ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารทุกตัวด้วย

พืชหกลายพันธุ์คือ *Cyperus Involucratus*, *Canna Siamensis*, *Heliconia spp.*, *Hymenocallis Littoralis*, *Typha Augustifolia* and *Thalia dealbata* J.Fraser) ถูกนำมาศึกษาสมรรถภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลที่ยังไม่ผ่านการบำบัดเจือจางกับน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลที่ผ่านการบำบัดแล้วที่อัตราการเจือจางร้อยละ 50 พืชทุกสายพันธุ์ที่ทดสอบสามารถบำบัดน้ำเสียได้ผ่านตามมาตรฐานน้ำทิ้งที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 5 วัน ในขณะที่ *Cyperus Involucratus*, *Thalia Dealbata* J.Frazer and *Typha Augustifolia* ยังบำบัดน้ำเสียผ่านตามมาตรฐานน้ำทิ้งแม้ว่าระยะเวลากักเก็บแค่ 3 วัน อัตราการสะสมแร่ธาตุในเนื้อเยื่อพืชที่ทดสอบอยู่ในช่วง 1.43 -2.30 กรัม ไนโตรเจน/ตารางเมตร-วัน และ 0.17-0.29 กรัม ฟอสฟอรัส/ตารางเมตร-วัน ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 5 วัน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดเฉลี่ยของบีโอดี ของแ่งแขวนลอย ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 91-99, 52-90, 72-92 และ 72-77 ตามลำดับ *Cyperus Involucratus*, *Thalia dealbata* J.Frazer and *Typha Augustifolia* สามารถเจริญเติบโตได้ดีและสะสมไนโตรเจนได้มาก ซึ่งพืชที่สร้างเนื้อเยื่อพืชได้มากจะสะสมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากไปด้วย การลดระยะเวลากักเก็บน้ำเสียมีผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงสำหรับพืชทุกสายพันธุ์ และเพิ่มปริมาณแร่ธาตุที่สะสมในองค์ประกอบของบึงประดิษฐ์คือ ตะกอน น้ำ และหินตัวกลาง ร้อยละของไนโตรเจนที่กระจายในส่วนต่าง ๆ ของบึงประดิษฐ์คือ เนื้อเยื่อพืช น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ตะกอน และหินตัวกลาง ดังนี้ 2.17-43.80, 7.91-27.75, 19.62-36.86 และ 14.39-31.88 ตามลำดับ และสำหรับฟอสฟอรัสมีค่าร้อยละ 0.79-17.01, 20.35-28.37, 40.96-56.27 และ 9.09-20.47 ตามลำดับ

น้ำเสียที่มีความสกปรกสูงอย่างน้ำกากส่างได้ถูกนำมาทดลองบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์ โดยศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดทุกสารอินทรีย์บีโอดีคือ 612, 696, 806, 929 และ 1213 กิโลกรัม บีโอดี/ตารางเมตร-วัน และใช้พืชที่มีสมรรถภาพในการบำบัดสูง เช่น *Cyperus Involucratus*, *Typha Augustifolia* and *Thalia Dealbata* J.Fraser การเพิ่มการบำบัดทุกสารอินทรีย์ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงรวมทั้งการเจริญของพืชด้วย พืชที่ทดสอบไม่สามารถทนน้ำเสียที่มีภาระบำบัดทุกอินทรีย์สูงได้เนื่องจากปริมาณน้ำหนักแห้งของพืชเมื่อเสร็จสิ้นการ

ทดลองมีค่าน้อยกว่าน้ำหนักแห้งของพืชเมื่อเริ่มการทดลองเมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์มีค่าตั้งแต่ 806 กิโลกรัม บีโอดี/ตารางเมตร-วัน ขึ้นไป ประสิทธิภาพการบำบัดมลสารที่สามารถยอมรับได้ที่ภาระบรรทุกอินทรีย์เท่ากับ 612 กิโลกรัม บีโอดี/ตารางเมตร-วัน ยกเว้นค่าซีโอดี เพราะปริมาณซีโอดีที่เข้าสู่ระบบมีค่าสูงมาก ประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี แอมโมเนียม ไนเตรท และสี มีค่าร้อยละ 89-92, 74-89, 15-68, 10-81, 95-99 และ 21-74 ตามลำดับ

ลลณี ทับทิมทอง; และมณฑล ฐานุตตมวงศ์ (2554) ได้ศึกษาเรื่อง การบำบัดน้ำเสียจากหอพักนิสิต ด้วยระบบบึงประดิษฐ์ พบว่า การศึกษานี้เป็นการศึกษาความสามารถระบบบึงประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวดินแนวนอนร่วมกับระบบไหลผิวดินโดยใช้พืชเป็นกก ลังคาและบัวหลวง ในการลดค่าสารอินทรีย์ ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งทั้งหมด โดยใช้ น้ำเสียจากหอพักนิสิตหญิงและตึกพัก บุคคลากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร จากผลการศึกษาพบว่า ระบบบึงประดิษฐ์ซึ่งมีระยะเวลากักเก็บ 3 วันสามารถลดค่าบีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น ฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอย ได้ร้อยละ 94.66 85.42 77.12 64.24 และ 81.55 Wetland Prediction Dormitories Wastewater Treatment by Constructed ตามลำดับ และการลดระยะเวลากักเก็บลงต่ำ กว่า 1.5 วัน ส่งผลให้ระบบไม่สามารถระบายน้ำ ออกได้ทัน

เกษม ประดิษฐ์พัฒนกิจ (2555) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แป้งมันสำปะหลังด้วยเทคโนโลยีดีเอสอาร์จทางไฟฟ้า พบว่า น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง ซึ่งหากขาดการบำบัดที่ดีก็จะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมได้ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ด้วยเทคโนโลยีดีเอสอาร์จทางไฟฟ้า น้ำเสียจากมันสำปะหลังสำหรับทดสอบระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ส่วน คือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้วของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในเขตจังหวัดนครราชสีมา 2 โรงงาน (บริษัท อุตสาหกรรม แป้งโคราช จำกัด และบริษัทเอี่ยมรุ่งเรืองอุตสาหกรรม จำกัด) และน้ำเสียจากมันสำปะหลังที่เตรียมขึ้นเอง การบำบัดมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้น้ำทิ้งผ่านมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม น้ำเสียที่ใช้ทดสอบมีค่า COD อยู่ในช่วง 1339.53-1600.00 mg/L ส่วนค่า BOD อยู่ในช่วง 565.23-1003.14 mg/L จากการศึกษาพบว่าเมื่อน้ำเสียจาก โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังผ่านระบบบำบัดด้วยเทคโนโลยีดีเอสอาร์จทางไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยของ COD อยู่ในช่วง 63.18-105.96 mg/L ส่วนค่าเฉลี่ยของ BOD อยู่ในช่วง 15.02-18.53 mg/L ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ผลการวิจัยที่ได้ยืนยันประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาเป็นอย่างดี

ปิยะนุช เนียมทรัพย์; และคณะ (2555) ได้ศึกษาเรื่อง การควบคุมและตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคชีววิทยาโมเลกุล พบว่า จากการศึกษาข้อมูลจากพารามิเตอร์คุณภาพของน้ำเสียบีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสทั้งหมด ไชมันและน้ำมัน ของแ่งแขวนลอย จากการบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) ด้วยตะแกรงดักขยะ/ปอดักไขมัน และผ่านระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนร่ง ของน้ำเสียอุตสาหกรรมที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดของแ่งแขวนลอย (SS) มีประสิทธิภาพการบำบัดน้อยมากเฉลี่ยเป็น 10.13% ยกเว้นในเดือนที่ 3 พบว่าสูงถึง 44.09 % ซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพการบำบัดของพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่สามารถบำบัดได้สูงด้วยเช่นกัน เช่น ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีสามารถบำบัดได้ถึง 27.93%, ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีบำบัดได้สูงถึง 50.00% ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น อยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การบำบัดไนโตรเจนของระบบบำบัดขั้นต้นที่สามารถบำบัดได้ 15 % อุตสาหกรรมที่ 2 จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของเดือนที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำในทุกพารามิเตอร์ ในอุตสาหกรรมที่ 3 พบว่าระบบบำบัดของอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถบำบัดบีโอดี, ซีโอดี, ของแ่งแขวนลอย ,ทีเคเอ็น และ ฟอสเฟตทั้งหมดได้สูงโดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดเฉลี่ยเป็น 42.43, 46.05, 71.72, 36.90, 39.1% ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและน้ำมัน สามารถบำบัดได้สูงในครั้งที่ 3 เป็น 60.92%

ธัชกร ผลพันธิน; วลัยรัตน์ อุตตะมะปรากรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ (2557) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียภาคอุตสาหกรรม จากการศึกษาพบว่า วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม 5 ประเภท ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมประเภทแป้ง โรงงานอุตสาหกรรมประเภทน้ำมันปาล์ม โรงงานอุตสาหกรรมประเภทเอทานอล โรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร และอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยาง รวมถึงการคัดเลือกเทคโนโลยีระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมในแต่ละประเภทน้ำเสียอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะน้ำเสีย ต่อมาคือการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพและการคัดเลือกเทคโนโลยี ส่วนสุดท้ายคือการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อผลการตัดสินใจลงทุนสำหรับผู้ประกอบการ รวมถึงการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพพร้อมเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น สำหรับศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นเพียงภาพรวมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม โดยยึดประเภทและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการขึ้น ทะเบียนโดยตรงกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมโดยรวมที่มากที่สุด คือ อุตสาหกรรมประเภทเอทานอล โดยมีศักยภาพที่ 1,005.65 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รองลงไปคือ อุตสาหกรรมประเภทผลิตแป้งมันสำปะหลังมีศักยภาพที่ 416.54 ล้านลูกบาศก์

เมตรต่อปี อุตสาหกรรมประเภทน้ำมันปาล์มมีศักยภาพที่ 156.04 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร มีศักยภาพที่ 60.10 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และอุตสาหกรรมประเภทยางมีศักยภาพที่ 18.05 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า น้ำเสียอุตสาหกรรมทั้ง 5 ประเภท มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพที่ตีรวมถึงเทคโนโลยีในการผลิตก๊าซชีวภาพหรือเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่มีความเข้มข้นสูงในค่า ซีโอดี และบีโอดี เพื่อลดค่าใช้จ่ายภายในโรงงานและช่วยรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

จากผลการศึกษาความหลากหลายของแบคทีเรียจากน้ำเสียในระบบน้ำเสียโดยการใช้เทคนิคทางชีววิทยาโมเลกุลโดยนำตัวอย่างแบคทีเรียที่เก็บจากน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็นสองระบบคือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (UASB) และระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนซึ่งของอุตสาหกรรมที่ 1 และ 2 เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง และน้ำเสียจากบ่อ แอเนอโรบิกและบ่อแอโรบิกของอุตสาหกรรมที่ 3 ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งที่มีการบำบัดสารไนโตรเจน อย่างละ 3 ชั่วโมงมาผสมรวมกัน แล้วนำมาสกัดดีเอ็นเอและเพิ่มปริมาณยีนด้วย 16S rRNA ยีนด้วยเทคนิค PCR จากนั้นนำมาทำการโคลนยีนส่วน 16S rRNA ในเชื้อ E.coli จากผลการโคลนและทำการคัดเลือกดีเอ็นเอสายผสมด้วยขนาด (Rapid Size Screening) พบว่าสามารถโคลนยีนส่วน 16S rRNA ของแบคทีเรียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (UASB) จำนวนทั้งสิ้น 116 โคลน และจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนจำนวนทั้งสิ้น 56 โคลน ซึ่งโคลนทั้งหมดนี้จะถูกนำไปหาลำดับเบสของดีเอ็นเอของยีนส่วน 16S rRNA และทำการจัดจำแนกชนิดของแบคทีเรียโดยเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank และทำการจัดกลุ่มต่อไป

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัยแนวศึกษาวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

ในการศึกษาเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียระหว่างระบบถังปฏิกิริยาและระบบบ่อปิด และแนวทางการตัดสินใจครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาปัญหา
2. การศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหา
3. แนวทางการตัดสินใจ

การศึกษาปัญหา

การวิจัยในครั้งนี้เนื่องจากข้อกำหนดทางกฎหมายในเรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ทำให้โรงงานที่มีการปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำจำเป็นต้องทำการบำบัดคุณภาพของน้ำเสียให้ได้ตามค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนดในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังนั้น ได้ทำให้เกิดน้ำเสียออกจากระบบจำนวนมาก โดยสำหรับโรงงานที่ผู้ทำวิจัยทำการศึกษามีปริมาณน้ำเสียต่อวันอยู่ที่ 2,500-3,500 ลูกบาศก์เมตร/วัน ทำให้จะต้องดำเนินการบำบัดน้ำเสียดังกล่าวในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน เพื่อให้มีน้ำเสียมี่คุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมมลพิษ กระทรวงอุตสาหกรรม ก่อนดำเนินการปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอกโรงงาน หากไม่สามารถดำเนินการให้เป็นไปตามข้อกำหนดได้จะส่งผลให้ผิดในส่วนของบริษัท โรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (ปี 2535) ในมาตรา 8 (5) ซึ่งส่งผลให้มีโทษปรับและเจ้าหน้าที่ที่สามารถสั่งระงับการดำเนินการของโรงงานจนกว่าจะปรับปรุงเสร็จ

การศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหา

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยจากการศึกษาข้อมูล

ข้อมูลปฐมภูมิ

1. ทำการศึกษาจากสภาพพื้นที่โรงงานจริงของบริษัทฯ โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะของโรงงานต่างๆ ของบริษัทฯ เพื่อสรุปหาโรงงานที่เหมาะสมกับการดำเนินการโครงการ
2. ข้อมูลคุณภาพน้ำเสียจากการตรวจคุณภาพน้ำจากทางห้องทดลองของบริษัทฯ

ข้อมูลทฤษฎี

1. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตจาก เว็บไซต์ กระทรวงพลังงานและกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม รวมถึงกรมควบคุมมลพิษ
2. ข้อมูลงานวิจัยระบบบำบัดน้ำเสียจากรายงานการวิจัย จากวารสารวิชาการและการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ

แนวทางการตัดสินใจ

ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบระหว่างระบบถังปฏิกิริยาและระบบบ่อบำบัดในด้านต่างๆ และทำการตัดสินใจเลือกระบบที่เหมาะสมกับโรงงานที่ทำการศึกษา โดยมีแนวทางดังนี้

1. ทางฝ่ายที่เกี่ยวข้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางกฎหมายและข้อมูลการใช้พลังงานของแต่ละโรงงานของบริษัท
2. ทางฝ่ายที่เกี่ยวข้องทำการสรุปข้อมูล เพื่อนำเสนอต่อคณะกรรมการย่อยเพื่อทำการตัดสินใจในการอนุมัติโครงการ
3. ทางฝ่ายที่เกี่ยวข้องทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซชีวภาพ
4. ทางฝ่ายที่เกี่ยวข้องทำการสรรหาผู้รับเหมาเพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบ
5. ทำการประชุมเพื่อหาข้อสรุปกับคณะกรรมการย่อย ในการเลือกระบบและทำการคัดสรรผู้รับเหมาในการออกแบบระบบ
6. จัดทำรายละเอียดโครงการเพื่อนำเสนอคณะบริหารเพื่อขออนุมัติงบประมาณ

บทที่ 4

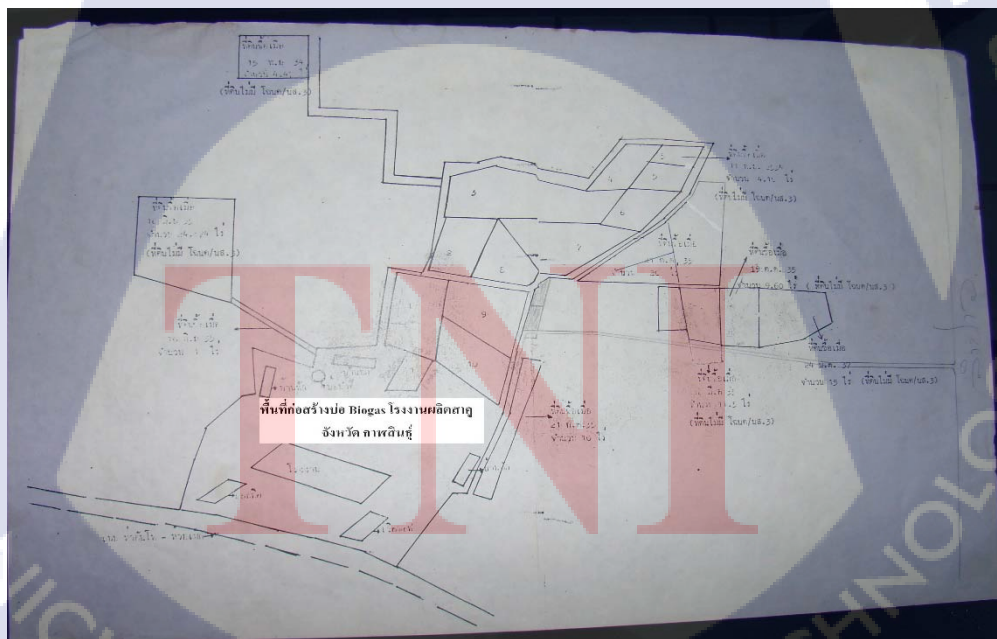
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียระหว่างระบบถังปฏิกิริยาปิดกับระบบบ่อบำบัดและแนวทางการตัดสินใจ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

ผลการศึกษาสภาพพื้นที่โรงงานที่จะก่อสร้างระบบ
โรงงานมีเนื้อที่สำหรับใช้ในการผลิตดังนี้

ตารางที่ 3 ข้อมูลโรงงาน

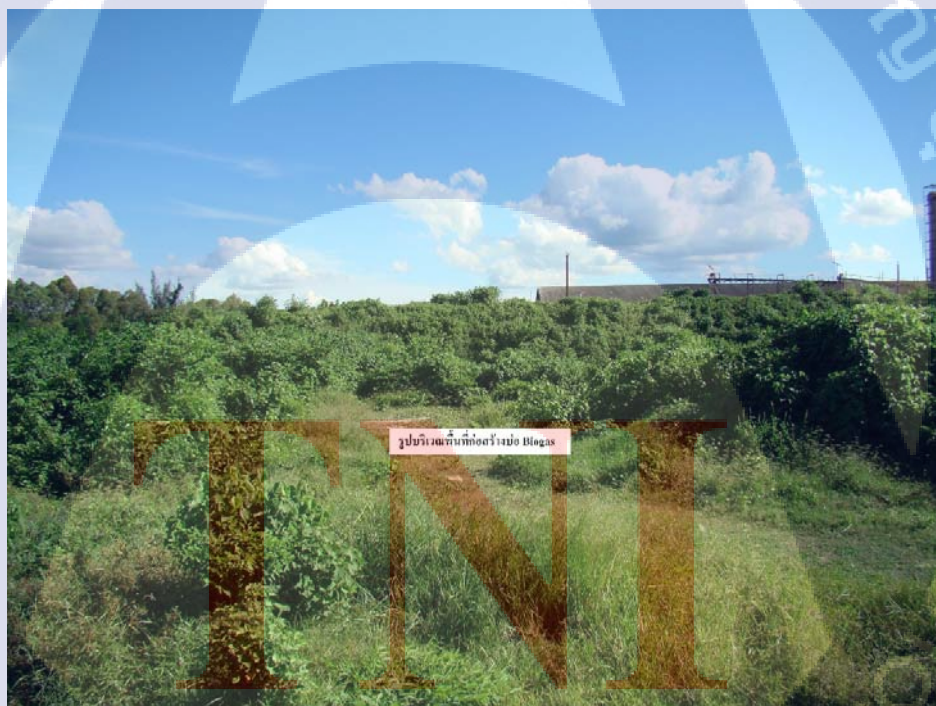
โรงงาน	จังหวัด	เนื้อที่ (ไร่-งาน-ตารางวา)
XX	กาฬสินธุ์	20-3-46.25



รูปที่ 6 แผนผังพื้นที่ที่จะดำเนินการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ณ โรงงาน xx



รูปบริเวณพื้นที่ที่จะทำบ่อ Biogas



รูปบริเวณพื้นที่ก่อสร้างบ่อ Biogas

รูปที่ 7 บริเวณพื้นที่ที่จะดำเนินการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ณ โรงงาน

สำหรับข้อมูลในด้านกำลังการผลิตแป้งมันสำปะหลังเต็มที่ได้เลยย้อนหลัง 5 ปีของโรงงาน มีดังนี้

ตารางที่ 4 ข้อมูลในด้านกำลังการผลิตแป้งมันสำปะหลังเต็มที่ได้เลยย้อนหลัง 5 ปี

(หน่วย : ตัน)

กำลังการผลิตเต็มที	ปริมาณการผลิตเฉลี่ย	การใช้กำลังการผลิต
64,800	32,000	49%

นอกจากนี้โรงงานท่าคันโทได้มีการผลิตสาคุเป็นสินค้าอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งมีกำลังการผลิตและปริมาณการผลิตเฉลี่ย ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 กำลังการผลิต และปริมาณการผลิตเฉลี่ยการผลิตสาคุ

(หน่วย : ตัน)

กำลังการผลิตเต็มที	ปริมาณการผลิตเฉลี่ย	การใช้กำลังการผลิต
3,600	2,400	67%

สำหรับข้อมูลการใช้น้ำมันเตาต่อปี เพื่อใช้ในการผลิตแป้งมันสำปะหลังและสาคุ เฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี ของแต่ละโรงงาน มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 ข้อมูลการใช้น้ำมันเตาต่อปี

(หน่วย : ลิตร)

ปริมาณการใช้น้ำมันเตา	สินค้าที่ผลิต
1,944,098	แป้งมันสำปะหลัง, สาคุ, แป้งอบหยาบ

สำหรับการเลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับน้ำเสียอุตสาหกรรม (ธัชกร ผลพันธุ์นวลรัตน์ อดุลตะมะปารกรรม และประเสริฐ. 2557) พบว่า

- ระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้สำหรับทดแทนพลังงานปริมาณซีโอดีต่ำกว่า 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งปริมาณก๊าซมีเทนที่ได้จากการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนอาจมีปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อการทดแทน (ธัชกร ผลพันธุ์นวล; วลัยรัตน์ อดุลตะมะปารกรรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2557)

- ปริมาณลักษณะของแข็งในน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ โดยปริมาณมากกว่า 20% จะถือว่าปริมาณของแข็งสูง (รัชกร ผลพันธ์; วลัยรัตน์ อุตตะมะปรากรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2557)

- ปริมาณของไขมันในน้ำเสีย หรือปริมาณ FOG เป็นหนึ่งในเกณฑ์การพิจารณาของการเลือกใช้เทคโนโลยีระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรมที่มีปริมาณไขมันที่สูงกว่า 1,000 มิลลิกรัม/ลิตรจะไม่เหมาะสมสำหรับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพแบบ Anaerobic Sludge Blanket Process และ Anaerobic Attached Growth Process (รัชกร ผลพันธ์; วลัยรัตน์ อุตตะมะปรากรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2557) แต่เนื่องจากระบบ Anaerobic Covered Lagoon นั้นเป็นเทคโนโลยีที่สามารถรองรับปริมาณน้ำเสียปริมาณเข้มข้นซีโอดี บีโอดี และสารพิษได้ในปริมาณสูงจึงสามารถใช้ได้กับทุกลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรม

สำหรับข้อมูลด้านลักษณะและคุณสมบัติของน้ำเสีย ที่จะนำมาเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 คุณสมบัติน้ำเสียที่นำมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงาน XX

pH	4.5-5.5
COD (มิลลิกรัม/ลิตร)	12,000-13,000
BOD (มิลลิกรัม/ลิตร)	3,000-5,000
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) (มิลลิกรัม/ลิตร)	3,000-6,000
ปริมาตรน้ำเสียทั้งหมด (ลูกบาศก์เมตร/วัน)	2,500-3,500
อัตราส่วน ปริมาตรน้ำเสีย/แป่งที่ผลิตได้ (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)	19-20

จากข้อมูลเกี่ยวกับโรงงานของบริษัท มีความเห็นว่าโรงงานมีความเหมาะสม ศักยภาพที่จะก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ เนื่องจาก

- เป็นโรงงานที่ผลิตสินค้าให้กับบริษัท ครอบคลุมผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แป้งละเอียด, แป้งอบหยาบ และสาเก ซึ่งจะทำให้บริษัทสามารถลดต้นทุนการผลิตสินค้าทั้งสามชนิดได้
- เป็นโรงงานที่มีปริมาณการใช้น้ำมันเตาสูง เนื่องจากการผลิตแป้งอบหยาบ และสาเก จำเป็นต้องใช้ความร้อนในการผลิตมากกว่าการผลิตแป้งละเอียด ทำให้บริษัทสามารถใช้ก๊าซชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- มีเนื้อที่โรงงานกว้างขวาง และเหมาะสมต่อการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ
- สินค้าที่ผลิตส่วนใหญ่จะขายให้กับลูกค้าในประเทศจีน และได้หวัน ซึ่งเป็นตลาดที่มีการแข่งขันด้านราคาสูง การลดต้นทุนการผลิตจึงมีความจำเป็นอย่างมากต่อการแข่งขันในทางธุรกิจ

ผลการศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างระบบถังป้อนปิด และระบบบ่อปิด

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบระหว่างระบบถังป้อนปิดและระบบบ่อปิด

รายการ	ระบบถังป้อนปิด (Covered Tank)	ระบบบ่อปิด (Covered Lagoon)
1. พื้นที่ในการก่อสร้าง	ใช้พื้นที่ประมาณ 5-6 ไร่	ใช้พื้นที่ประมาณ 15-20 ไร่
2. ประสิทธิภาพในการสร้าง ก๊าซชีวภาพ	• มีจุลินทรีย์ในการย่อยสลายเพื่อสร้างก๊าซชีวภาพอาศัยอยู่ในถังตามปริมาตรของถังประมาณ 5,700 ลูกบาศก์เมตร • ปริมาณก๊าซที่ได้จะไม่คงที่เนื่องจากตัวถังที่ตั้งอยู่ในอากาศ ทำให้อุณหภูมิภายในถังจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิภายนอก	• มีจุลินทรีย์ในการย่อยสลายเพื่อสร้างก๊าซชีวภาพอาศัยอยู่ในบ่อตามปริมาตรของบ่อ ประมาณ 100,000 ลูกบาศก์เมตร • ปริมาณก๊าซที่ได้คงที่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามฤดูกาลส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในบ่อน้อยมาก ซึ่งเป็นผลมาจากระบบเป็นบ่อขุดอยู่ในดิน และดินมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ
3. การเริ่มระบบผลิตก๊าซชีวภาพ (Start Up)	ใช้เวลาในการเริ่มเดินระบบประมาณ 6-12 เดือนเนื่องจากจุลินทรีย์ภายในถังจะมีเฉพาะที่เป็นขนาดใหญ่เท่านั้น ส่วนจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กมากหรือเป็นฝุ่นจะถูก upper flowed ทั้งออกมานอกระบบ	ใช้เวลาในการเริ่มเดินระบบประมาณ 1-2 เดือนเนื่องจากระบบจะมีการกรองจุลินทรีย์หลายขั้นตอนก่อนที่จะนำน้ำออกนอกระบบ ทำให้จุลินทรีย์ภายในบ่อ มีทั้งขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก รวมทั้งที่เป็นฝุ่น

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบระหว่างระบบถังป้อนปิดและระบบบ่อปิด (ต่อ)

รายการ	ระบบถังป้อนปิด (Covered Tank)	ระบบบ่อปิด (Covered Lagoon)
4. การดูแลระบบ ในช่วงที่โรงงานต้องหยุดผลิต	เนื่องจากระบบมีจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นขนาดใหญ่ และปริมาณน้อย และมีเนื้อที่ของระบบจำกัด รวมทั้งระยะเวลาักเก็บ (Retention Time) เพียง 1 วัน ดังนั้น ถ้ามีช่วงที่จะต้องหยุดผลิตหลายวัน เมื่อมาเริ่มระบบใหม่ อาจเกิด Shocked load ได้ ดังนั้น ในช่วงที่หยุดผลิต จะต้องจัดให้มีคนดูแลระบบ เพื่อเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเมื่อโรงงานกลับมาผลิตใหม่ จะได้ผลิตก๊าซได้เร็ว	เนื่องจากระบบมีจุลินทรีย์จำนวนมาก ทั้งขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก และที่เป็นฝุ่น อีกทั้งระยะเวลาักเก็บ (Retention Time) นาน 15 วัน จึงต้านทานต่อการเกิด Shocked Load ได้มากกว่า ดังนั้นถ้ามีการหยุดผลิตหลายวัน จึงไม่จำเป็นต้องบ่อนอาหารเพื่อเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ตลอดเวลา ระบบก็สามารถกลับมาทำงานได้ใหม่และเร็ว
5. การเดินระบบ 5.1 การใช้สารเคมีเพื่อปรับค่า pH 5.2 บ่อหมักกรด	ต้องใช้ปูนขาวเพื่อปรับ pH ซึ่งเมื่อใช้ปูนขาวในระยะเวลานาน จะเกิดการตกตะกอนภายในบ่อและท่อ ทำให้เกิดการอุดตันในระบบได้ ระบบออกแบบให้บ่อหมักกรดอยู่นอกถังป้อน ซึ่งเป็นระบบเปิด และออกแบบให้ใช้ระยะเวลาในการหมักกรด นาน 24 ชั่วโมง ดังนั้นบ่อนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นรุนแรงมาก และเป็นมลพิษต่อสภาพแวดล้อม	ระบบออกแบบมาโดยการนำ น้ำเสียจากบ่อบำบัดสุดท้ายที่มีค่า pH สูงกลับมาปรับค่า pH ต่ำในบ่อแรก ดังนั้นจึงไม่เกิดปัญหาเรื่องบ่อหรือท่อตัน ระบบออกแบบให้บ่อหมักกรดอยู่ภายในบ่อเดียวกัน ทำให้ไม่ส่งกลิ่นออกมาภายนอก นอกจากนั้น ก๊าซ CO ₂ ที่เกิดจากบ่อหมักกรด ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้จุลินทรีย์ทำงานเพิ่มขึ้นอีก 30% ส่งผลให้มีการผลิตก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบระหว่างระบบถังป้อนปิดและระบบบ่อปิด (ต่อ)

รายการ	ระบบถังป้อนปิด (Covered Tank)	ระบบบ่อปิด (Covered Lagoon)
5.3 น้ำเสียที่จะเข้าระบบ	ระบบรองรับเฉพาะน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยได้ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่น้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง คือ ที่บ่อล้าง จะมีค่าสารแขวนลอยอยู่ที่ 3,000-6,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รวมทั้งมีดิน ทราาย ปะปนอยู่ด้วย ทำให้ระบบต้องออกแบบมาให้รองรับน้ำเสียจากเครื่องแยกแทน ซึ่งในการผลิตโดยปกติแล้วน้ำเสียจากเครื่องแยก จะยังคงมีแป้งปนออกมาเล็กน้อย และบริษัทฯ จะวนน้ำเสียจากเครื่องแยกกลับไปบ่อล้าง เพื่อลดปริมาณการสูญเสีย	ระบบออกแบบให้สามารถรองรับน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยสูงๆ ได้ เนื่องจากมีบ่อดักทราาย เพื่อตกตะกอน ดิน ทราาย และเปลือกมันฯ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงระบบท่อ ซึ่งบริษัทสามารถปล่อยน้ำเสียจากบ่อล้างเข้าสู่ระบบได้ทันที
5.4 ระบบปรับ pH	ระบบจะอยู่ภายในถังเดียวกันกับระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ทำให้ระบบอาจเกิดกลิ่นเหม็นได้ง่าย ถ้าดูแลรักษาไม่ดี หรือปรับ pH ไม่เหมาะสม	ระบบอยู่คนละบ่อกับระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ทำให้ระบบล้นเหม็นได้ยาก เนื่องจากสามารถควบคุม pH ได้ง่ายกว่า

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบระหว่างระบบถังป้อนปิดและระบบบ่อปิด (ต่อ)

รายการ	ระบบถังป้อนปิด (Covered Tank)	ระบบบ่อปิด (Covered Lagoon)
6. ความสามารถในการเก็บกักก๊าซชีวภาพ	การเก็บกักก๊าซชีวภาพ จะจัดเก็บในถังป้อนปิด และบ่อเก็บก๊าซ ซึ่งสามารถเก็บกักก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 1,000 ลูกบาศก์เมตร หรือใช้ก๊าซได้นาน 3 ชั่วโมงการผลิต ส่งผลให้บริษัทอาจใช้ก๊าซได้ไม่ต่อเนื่องในระหว่างการผลิต	การเก็บกักก๊าซชีวภาพ จะจัดเก็บในบ่อปิด ซึ่งมีขนาดใหญ่ สามารถเก็บกักก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ทำให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพในการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง
7. ความสามารถในการรองรับการขยายกำลังการผลิต	ในกรณีที่บริษัทมีการขยายกำลังการผลิตแบ่งมันสำปะหลัง ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจะขยายกำลังการผลิตตามได้ก็ต่อเมื่อสร้างถังหมักเพิ่มขึ้น	ในกรณีที่บริษัทมีการขยายกำลังการผลิตแบ่งมันสำปะหลัง ระบบผลิตก๊าซชีวภาพสามารถรองรับการขยายกำลังการผลิตได้เนื่องจากบ่อดินมีขนาดใหญ่ และมีจำนวนจุลินทรีย์ในปริมาณที่มากอาศัยอยู่ในระบบ
8. การบำรุงรักษา	การบำรุงรักษาหลักอยู่ที่ถังป้อน โดยปัญหาที่พบบ่อยคือการรั่ว และแตกร้าวของถังป้อน ซึ่งการซ่อมแซมทำได้ยาก และต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านในการซ่อมแซม	การบำรุงรักษาหลักอยู่ที่พลาสติกที่ใช้ปูพื้นของบ่อดินและที่ใช้คลุมบ่อ โดยปัญหาที่พบบ่อยคือการรั่วของพลาสติกในส่วนที่คลุมเหนือบ่อ ซึ่งการซ่อมแซมสามารถทำได้โดยใช้วิธีปักกาวในจุดที่รั่ว

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบระหว่างระบบถังปูนปิดและระบบบ่อปิด (ต่อ)

รายการ	ระบบถังปูนปิด (Covered Tank)	ระบบบ่อปิด (Covered Lagoon)
8. การบำรุงรักษา	• การบำรุงรักษาหลักอยู่ที่ถังปูน โดยปัญหาที่พบมากคือการรั่ว และแตกร้าวของถังปูน ซึ่งการซ่อมแซมทำได้ยาก และต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ เฉพาะด้านในการซ่อมแซม • การบำรุงรักษารอง คือระบบวาล์วหรือท่อต่างๆ ซึ่งจะอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าระดับน้ำในถัง ดังนั้นการเปลี่ยนวาล์วหรือท่อต่างๆ จะต้องคำนึงถึงความดันภายในถัง ซึ่งจะมีความดันสูงถึง 10 มิลลิบาร์ (น้ำสูง 1 เมตร มีความดัน 1 มิลลิบาร์)	• การบำรุงรักษาหลักอยู่ที่พลาสติกที่ใช้ปูพื้นของบ่อดินและที่ใช้คลุมบ่อ โดยปัญหาที่พบมากคือ การรั่วของพลาสติกในส่วนที่คลุมเหนือบ่อ ซึ่งการซ่อมแซมสามารถทำได้โดยใช้วิธีปะกาวในจุดที่รั่ว • การบำรุงรักษารอง คือระบบวาล์วหรือท่อต่างๆ ซึ่งจะอยู่ในตำแหน่งที่เหนือระดับน้ำ และอยู่บนพื้นดิน ทำให้ง่ายและสะดวกต่อการซ่อมบำรุง (ไม่มีปัญหาเรื่องความดันภายในบ่อ ความดันภายในบ่อ มีน้อยมากประมาณ 1 มิลลิบาร์)
9. ค่าก่อสร้าง	ราคาประมาณ 70 ล้านบาท	ราคาประมาณ 60 ล้านบาท

ผลการศึกษาดำเนินการดำเนินการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 9 ตารางเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่าย	ก่อนสร้างระบบ	ระบบถังปิด	ระบบบ่อปิด
1. ค่าน้ำมันเตา	25 ล้านบาท	- บาท	- บาท
2. ค่าก่อสร้างระบบ		70 ล้านบาท	60 ล้านบาท
3. ค่าเดินระบบ		2,000,000 บาท/ปี	1,000,000 บาท/ปี
3.1 ค่าบุคลากร			
วิศวกร		30,000 บาท/เดือน	30,000 บาท/เดือน
ปวส.		11,500 บาท/เดือน	11,500 บาท/เดือน
ปวช.		10,000 บาท/เดือน	10,000 บาท/เดือน
3.2 ค่าสารเคมี		30,000 บาท/เดือน	- บาท/เดือน
3.3 ค่าไฟฟ้า		106,000 บาท/เดือน	60,000 บาท/เดือน
4. ค่าซ่อมบำรุง		800,000 บาท/ปี	ในช่วง 10 ปีแรก เป็น ค่าเปลี่ยนถ่าย น้ำมันเครื่องเล็กน้อย ประมาณ 300,000 บาท/ปี
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินงาน	- บาท/ปี	5 ล้านบาท/ปี	2.6 ล้านบาท/ปี

ตารางที่ 10 สรุปการเปรียบเทียบว่าระบบใดเหมาะสมกับโรงงานเป้าหมาย

รายการ	ระบบถังปูนปิด (Covered Tank)	ระบบบ่อปิด (Covered Lagoon)
1. พื้นที่ในการก่อสร้าง	✓	✓
2. ประสิทธิภาพในการสร้างก๊าซชีวภาพ	-	✓
3. การเริ่มระบบผลิตก๊าซชีวภาพ (Start Up)	-	✓
4. การดูแลระบบ ในช่วงที่โรงงานต้องหยุดผลิต		
5. การเดินระบบ		
5.1 การใช้สารเคมีเพื่อปรับค่า pH	-	✓
5.2 บ่อหมักกรด	-	✓
5.3 น้ำเสียที่จะเข้าระบบ	-	✓
5.4 ระบบปรับ pH	-	✓

ตารางที่ 10 สรุปการเปรียบเทียบว่าระบบใดเหมาะสมกับโรงงานเป้าหมาย (ต่อ)

รายการ	ระบบถังป้อนปิด (Covered Tank)	ระบบบ่อปิด (Covered Lagoon)
6. ความสามารถในการเก็บกักก๊าซชีวภาพ	-	✓
7. ความสามารถในการรองรับการขยายกำลังการผลิต	-	✓
8. การบำรุงรักษา	-	✓
9. ค่าก่อสร้าง	-	✓

การสรุปผลการวิจัย

ข้อมูลโดยสรุปในการก่อสร้างโครงการระบบผลิตก๊าซชีวภาพ มีดังต่อไปนี้

พื้นที่สำหรับการวางระบบ

ระบบ ABR และ Anaerobic Covered Lagoon หรือระบบบ่อปิดจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการวางระบบเมื่อเทียบกับระบบบ่อปิดหรือระบบ UASB โดยทางโรงงานมีพื้นที่เพียงพอที่จะสามารถทำการวางระบบได้ทั้งสองระบบ

การดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพ

เนื่องจากทางโรงงานมีน้ำเสียที่มีค่าจะมีค่าสารแขวนลอยอยู่ที่ 3,000-6,000 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งค่อนข้างสูงมากทำให้หากใช้ระบบบ่อปิดหรือระบบ UASB จะต้องทำการออกแบบระบบให้สามารถรองรับน้ำเสียจากเครื่องแยกแวกแทน ซึ่งในการผลิตโดยปกติแล้วน้ำเสียจากเครื่องแยก แวก จะยังคงมีแบ่งปนออกมาเล็กน้อย และบริษัท จะวนน้ำเสียจากเครื่องแยกกลับไปบ่อล้างเพื่อลดปริมาณการสูญเสียได้ซึ่งจะส่งผลต่อการบำรุงรักษาที่ยากขึ้น ซึ่งในส่วนนี้ระบบแบบบ่อปิดหรือ Anaerobic Covered Lagoon นั้นสามารถรองรับน้ำเสียของโรงงานได้เลย

การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาหลักของทั้งสองระบบนั้นในส่วนของบ่อป้อนปิดมีขั้นตอนที่ยากกว่าและต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในด้านการซ่อมแซมเนื่องจากความเสียหายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับตัวถัง เช่น การรั่ว และแตกร้าวของถังป้อน ในส่วนของระบบบ่อปิดนั้นทำการบำรุงรักษาได้ง่ายกว่าไม่ต้องใช้ทักษะมาก ความเสียหายส่วนใหญ่จะเกิดจากพลาสติกที่ใช้ปูพื้นของบ่อดินและที่ใช้คลุมบ่อ โดยปัญหาที่พบบ่อยคือ การรั่วของพลาสติกในส่วนที่คลุมเหนือบ่อ ซึ่งการซ่อมแซมสามารถทำได้โดยใช้วิธีปะกาวในจุดที่รั่ว

การผลิต

ในส่วนของการผลิตในอุตสาหกรรมแป้งมันนั้นจะมีช่วงที่ต้องดำเนินการผลิตติดต่อกันตลอด 24 ชั่วโมงติดต่อกันเป็นเวลาหลายเดือนทำให้ความต้องการในการใช้ก๊าซชีวภาพค่อนข้างสูง ระบบบ่อบปิดจะมีข้อจำกัดในส่วนของปริมาณก๊าซชีวภาพเพราะถึงสามารถเก็บก๊าซชีวภาพได้จำกัดตามปริมาตรของถังกักก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 1,000 ลูกบาศก์เมตร หรือใช้ก๊าซได้นาน 3 ชั่วโมงการผลิต ส่วนระบบบ่อบปิดนั้นสามารถเก็บก๊าซชีวภาพมากกว่าเนื่องจากเป็นบ่อขนาดใหญ่ทำให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพในการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง

บุคลากร

เนื่องจากพื้นที่ตั้งของโรงงานอยู่ในพื้นที่ห่างไกลจากเมืองทำให้การสรรหามูลค่าบุคลากรที่จะมาทำการเดินระบบที่ซับซ้อนอย่างระบบถังบ่อบปิดค่อนข้างยากเมื่อเทียบกับระบบบ่อบปิดที่มีความซับซ้อนในการดูแลระบบน้อยกว่า

การเงิน

ระบบถังบ่อบปิดมีค่าดำเนินการในการก่อสร้าง การเดินระบบและบำรุงรักษาที่มากกว่าระบบบ่อบปิดเนื่องจากเป็นระบบที่ต้องทำการออกแบบมาให้เหมาะสมกับน้ำเสียของทางโรงงาน ทำให้มีความซับซ้อนสูงและการบำรุงรักษาที่ทำได้ยากกว่า

จากเกณฑ์เบื้องต้นนี้ ผู้วิจัยทำการเลือกระบบบ่อบปิด (Anaerobic Covered Lagoon) เนื่องจากทางโรงงานมีพื้นที่เพียงพอต่อการรองรับระบบ และค่าใช้จ่ายในการออกแบบและค่าบำรุงรักษานั้นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับระบบถังบ่อบปิด (UASB) ที่ต้องทำการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้เหมาะสมกับน้ำเสียที่ได้จากการผลิตของโรงงานซึ่งมีความซับซ้อนสูงจำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถค่อนข้างมาก ทำให้ระบบบ่อบปิดนั้นมีความเหมาะสมกับโรงงานที่ผู้วิจัยทำการศึกษามากกว่าระบบแบบถังบ่อบปิด

การพิจารณาอัตราผลตอบแทน

พิจารณาจากราคาน้ำมันเตาเฉลี่ยของโรงงาน 5 ปี เพื่อหาอัตราการประหยัดตลอดอายุการใช้งานของระบบแบบบ่อบปิดและแบบถังบ่อบปิดคือ 10 ปี โดยทำการคำนวณจากราคาน้ำมันในปัจจุบันตามสถานการณ์

BIO-GAS FEASIBILITY STUDY - THAKANTO FACTORY											
Assumptions											
Current fuel consumption per annum	23,329,171	Baht	(Estimatd at Baht 12 per liter)								
Increase in fuel cost per annum	6.4%										
Bio-gas investment cost	60,000,000	Baht									
Cash Flow Forecast	Yr 0	Yr 1	Yr 2	Yr 3	Yr 4	Yr 5	Yr 6	Yr 7	Yr 8	Yr 9	Yr 10
Fuel consumption without bio-gas	-	23.3	24.8	26.4	28.1	29.9	31.8	33.8	36.0	38.3	40.8
Carbon credit refundable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel savings	-	23.3	24.8	26.4	28.1	29.9	31.8	33.8	36.0	38.3	40.8
Less:											
Lost interest income	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel addition cost	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bio-gas maintenance cost	-	(2.5)	(2.7)	(2.8)	(3.0)	(3.2)	(3.4)	(3.6)	(3.9)	(4.1)	(4.4)
Net savings from using bio-gas	-	20.8	22.2	23.6	25.1	26.7	28.4	30.2	32.2	34.2	36.4
IRR & Payback Calculations											
Initial investment	(60.0)										
Net savings from using bio-gas		20.8	22.2	23.6	25.1	26.7	28.4	30.2	32.2	34.2	36.4
Cash flow forecsat	(60.0)	20.8	22.2	23.6	25.1	26.7	28.4	30.2	32.2	34.2	36.4
IRR	38.7%	279.8									

รูปที่ 8 อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบบ่อบิดซึ่งราคาน้ำมันเตา 12 บาท/ลิตร

BIO-GAS FEASIBILITY STUDY - THAKANTO FACTORY											
Assumptions											
Current fuel consumption per annum	23,329,171	Baht	(Estimatd at Baht 12 per liter)								
Increase in fuel cost per annum	6.4%										
Bio-gas investment cost	70,000,000	Baht									
Cash Flow Forecast											
	<u>Yr 0</u>	<u>Yr 1</u>	<u>Yr 2</u>	<u>Yr 3</u>	<u>Yr 4</u>	<u>Yr 5</u>	<u>Yr 6</u>	<u>Yr 7</u>	<u>Yr 8</u>	<u>Yr 9</u>	<u>Yr 10</u>
Fuel consumption without bio-gas	-	23.3	24.8	26.4	28.1	29.9	31.8	33.8	36.0	38.3	40.8
Carbon credit refundable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel savings	-	23.3	24.8	26.4	28.1	29.9	31.8	33.8	36.0	38.3	40.8
Less:											
Lost interest income	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel addition cost	-	(5.9)	(6.2)	(6.6)	(7.1)	(7.5)	(8.0)	(8.5)	(9.1)	(9.6)	(10.2)
Bio-gas maintenance cost	-	(2.5)	(2.7)	(2.8)	(3.0)	(3.2)	(3.4)	(3.6)	(3.9)	(4.1)	(4.4)
Net savings from using bio-gas	-	15.0	15.9	16.9	18.0	19.2	20.4	21.7	23.1	24.6	26.2
IRR & Payback Calculations											
Initial investment	(70.0)										
Net savings from using bio-gas		15.0	15.9	16.9	18.0	19.2	20.4	21.7	23.1	24.6	26.2
Cash flow forecsat	(70.0)	15.0	15.9	16.9	18.0	19.2	20.4	21.7	23.1	24.6	26.2
IRR	22.6%	201.0									

รูปที่ 9 อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบถังบ่มปิดซึ่งราคาน้ำมันเตา 12 บาท/ลิตร

BIO-GAS FEASIBILITY STUDY - THAKANTO FACTORY											
Assumptions											
Current fuel consumption per annum	25,273,269	Baht	(Estimated at Baht 13 per liter)								
Increase in fuel cost per annum	6.4%										
Bio-gas investment cost	60,000,000	Baht									
Cash Flow Forecast	Yr 0	Yr 1	Yr 2	Yr 3	Yr 4	Yr 5	Yr 6	Yr 7	Yr 8	Yr 9	Yr 10
Fuel consumption without bio-gas	-	25.3	26.9	28.6	30.4	32.4	34.5	36.7	39.0	41.5	44.2
Carbon credit refundable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel savings	-	25.3	26.9	28.6	30.4	32.4	34.5	36.7	39.0	41.5	44.2
Less:											
Lost interest income	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel addition cost	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bio-gas maintenance cost	-	(2.5)	(2.7)	(2.8)	(3.0)	(3.2)	(3.4)	(3.6)	(3.9)	(4.1)	(4.4)
Net savings from using bio-gas	-	22.8	24.2	25.8	27.4	29.2	31.1	33.0	35.2	37.4	39.8
IRR & Payback Calculations											
Initial investment	(60.0)										
Net savings from using bio-gas		22.8	24.2	25.8	27.4	29.2	31.1	33.0	35.2	37.4	39.8
Cash flow forecast	(60.0)	22.8	24.2	25.8	27.4	29.2	31.1	33.0	35.2	37.4	39.8
IRR	42.3%	305.9									

รูปที่ 10 อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบบ่อก๊าซซึ่งราคาน้ำมันเตา 13 บาท/ลิตร

BIO-GAS FEASIBILITY STUDY - THAKANTO FACTORY											
Assumptions											
Current fuel consumption per annum	25,273,269	Baht	(Estimatd at Baht 13 per liter)								
Increase in fuel cost per annum	6.4%										
Bio-gas investment cost	70,000,000	Baht									
Cash Flow Forecast											
	Yr 0	Yr 1	Yr 2	Yr 3	Yr 4	Yr 5	Yr 6	Yr 7	Yr 8	Yr 9	Yr 10
Fuel consumption without bio-gas	-	25.3	26.9	28.6	30.4	32.4	34.5	36.7	39.0	41.5	44.2
Carbon credit refundable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel savings	-	25.3	26.9	28.6	30.4	32.4	34.5	36.7	39.0	41.5	44.2
Less:											
Lost interest income	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel addition cost	-	(6.4)	(6.8)	(7.2)	(7.7)	(8.1)	(8.7)	(9.2)	(9.8)	(10.4)	(11.1)
Bio-gas maintenance cost	-	(2.5)	(2.7)	(2.8)	(3.0)	(3.2)	(3.4)	(3.6)	(3.9)	(4.1)	(4.4)
Net savings from using bio-gas	-	16.4	17.5	18.6	19.8	21.0	22.4	23.8	25.4	27.0	28.7
IRR & Payback Calculations											
Initial investment	(70.0)										
Net savings from using bio-gas		16.4	17.5	18.6	19.8	21.0	22.4	23.8	25.4	27.0	28.7
Cash flow forecsat	(70.0)	16.4	17.5	18.6	19.8	21.0	22.4	23.8	25.4	27.0	28.7
IRR	25.3%	220.6									

รูปที่ 11 อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบถังบ่อก๊าซซึ่งราคาน้ำมันเตา 13 บาท/ลิตร

BIO-GAS FEASIBILITY STUDY - THAKANTO FACTORY											
Assumptions											
Current fuel consumption per annum	27,217,366	Baht	(Estimatd at Baht 14 per liter)								
Increase in fuel cost per annum	6.4%										
Bio-gas investment cost	60,000,000	Baht									
Cash Flow Forecast											
	Yr 0	Yr 1	Yr 2	Yr 3	Yr 4	Yr 5	Yr 6	Yr 7	Yr 8	Yr 9	Yr 10
Fuel consumption without bio-gas	-	27.2	29.0	30.8	32.8	34.9	37.1	39.5	42.0	44.7	47.6
Carbon credit refundable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel savings	-	27.2	29.0	30.8	32.8	34.9	37.1	39.5	42.0	44.7	47.6
Less:											
Lost interest income	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel addition cost	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bio-gas maintenance cost	-	(2.5)	(2.7)	(2.8)	(3.0)	(3.2)	(3.4)	(3.6)	(3.9)	(4.1)	(4.4)
Net savings from using bio-gas	-	24.7	26.3	28.0	29.8	31.7	33.7	35.9	38.2	40.6	43.2
IRR & Payback Calculations											
Initial investment	(60.0)										
Net savings from using bio-gas		24.7	26.3	28.0	29.8	31.7	33.7	35.9	38.2	40.6	43.2
Cash flow forecsat	(60.0)	24.7	26.3	28.0	29.8	31.7	33.7	35.9	38.2	40.6	43.2
IRR	45.8%	332.0									

รูปที่ 12 อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบบ่อบิดซึ่งราคาน้ำมันเตา 14 บาท/ลิตร

BIO-GAS FEASIBILITY STUDY - THAKANTO FACTORY											
Assumptions											
Current fuel consumption per annum	27,217,366	Baht	(Estimatd at Baht 14 per liter)								
Increase in fuel cost per annum	6.4%										
Bio-gas investment cost	70,000,000	Baht									
Cash Flow Forecast											
	Yr 0	Yr 1	Yr 2	Yr 3	Yr 4	Yr 5	Yr 6	Yr 7	Yr 8	Yr 9	Yr 10
Fuel consumption without bio-gas	-	27.2	29.0	30.8	32.8	34.9	37.1	39.5	42.0	44.7	47.6
Carbon credit refundable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel savings	-	27.2	29.0	30.8	32.8	34.9	37.1	39.5	42.0	44.7	47.6
Less:											
Lost interest income	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuel addition cost	-	(6.8)	(7.3)	(7.7)	(8.2)	(8.8)	(9.3)	(9.9)	(10.6)	(11.2)	(12.0)
Bio-gas maintenance cost	-	(2.5)	(2.7)	(2.8)	(3.0)	(3.2)	(3.4)	(3.6)	(3.9)	(4.1)	(4.4)
Net savings from using bio-gas	-	17.9	19.0	20.2	21.5	22.9	24.4	25.9	27.6	29.4	31.2
IRR & Payback Calculations											
Initial investment	(70.0)										
Net savings from using bio-gas		17.9	19.0	20.2	21.5	22.9	24.4	25.9	27.6	29.4	31.2
Cash flow forecsat	(70.0)	17.9	19.0	20.2	21.5	22.9	24.4	25.9	27.6	29.4	31.2
IRR	27.9%	240.1									

รูปที่ 13 อัตราผลตอบแทนระยะเวลา 10 ปี ระบบถังบ่มปิดซึ่งราคาน้ำมันเตา 14 บาท/ลิตร

Fuel oil used (Baht)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Pearl - 2013	209,800	198,800	291,000	235,250	35,100	451,000	251,200	243,200	301,500	205,800	203,700	271,582	2,895,912
Pearl - 2014	322,516	522,957	465,441	339,209	394,297	388,339	318,315	348,800	404,588	435,998	155,784	347,171	4,443,372
Pearl - 2015	254,785	385,658	454,829	231,838	434,787	481,799	557,807	558,975	578,700	540,800	427,800	581,400	5,448,555
Average 3 years	262,360	368,638	403,690	268,696	288,061	433,713	375,707	383,658	428,255	394,159	262,355	383,379	4,282,613
Calculation for assumption													
STARCH													
Fuel oil used (Liters)	158,501	177,040	168,190	96,850	87,348	85,841	110,577	234,403	199,154	157,288	35,180	117,448	1,628,598
Fuel oil used at Baht 15 per liter	2,377,512	2,655,603	2,537,856	1,449,753	1,310,190	1,287,618	1,658,655	3,516,039	2,987,304	2,359,023	527,697	1,761,714	24,428,994
Fuel oil used at Baht 14 per liter	2,219,011	2,478,563	2,368,686	1,353,103	1,222,844	1,201,777	1,548,078	3,281,836	2,788,150	2,201,755	492,517	1,644,286	22,800,386
Fuel oil used at Baht 13 per liter	2,060,510	2,301,523	2,199,475	1,266,453	1,135,498	1,115,936	1,437,501	3,047,234	2,588,997	2,044,487	457,337	1,526,819	21,171,769
Fuel oil used at Baht 12 per liter	1,902,010	2,124,462	2,030,285	1,159,802	1,046,152	1,030,094	1,326,924	2,812,831	2,389,843	1,887,218	422,158	1,409,371	19,543,171
PEARL													
Fuel oil used (Liters)	23,095	28,529	32,802	20,428	28,880	23,551	28,876	27,383	31,432	28,338	17,199	27,188	315,500
Fuel oil used at Baht 15 per liter	346,430	427,935	492,035	306,425	433,205	353,260	433,135	410,750	471,485	425,070	257,985	407,785	4,732,500
Fuel oil used at Baht 14 per liter	323,335	399,406	458,433	285,997	404,325	329,709	378,259	383,367	440,053	396,732	240,786	380,599	4,417,000
Fuel oil used at Baht 13 per liter	300,239	370,877	423,830	265,588	375,444	306,159	349,384	355,983	408,620	368,394	223,587	353,414	4,101,500
Fuel oil used at Baht 12 per liter	277,144	342,348	391,228	245,140	346,564	282,608	322,808	328,600	377,188	340,058	208,388	326,228	3,788,000

รูปที่ 14 ค่าใช้จ่ายราคาน้ำมันเตาย้อนหลัง

ตารางที่ 11 การพิจารณาอัตราผลตอบแทน บ่อปิด

ราคาน้ำมันเตา ณ ปัจจุบัน	12 บาท/ลิตร	13 บาท/ลิตร	14 บาท/ลิตร
กระแสเงินสดที่คาดว่าจะประหยัดได้ตลอดอายุการใช้งาน	279 ล้านบาท	305 ล้านบาท	332 ล้านบาท
Internal Rate of Return (IRR)	38.7%	42.3%	45.8%
อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ย	2 %		

ตารางที่ 12 การพิจารณาอัตราผลตอบแทน บ่อปูนปิด

ราคาน้ำมันเตา ณ ปัจจุบัน	12 บาท/ลิตร	13 บาท/ลิตร	14 บาท/ลิตร
กระแสเงินสดที่คาดว่าจะประหยัดได้ตลอดอายุการใช้งาน	201 ล้านบาท	220 ล้านบาท	240 ล้านบาท
Internal Rate of Return (IRR)	22.6%	25.3%	27.9%
อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ย	2 %		

ตารางที่ 13 สรุปผลการวิจัย

โรงงานเป้าหมาย	XXX
ระบบผลิตก๊าซที่เลือกใช้	ระบบบ่อปิด
เงินลงทุนก่อสร้างโครงการ	60 ล้านบาท
ระยะเวลาการก่อสร้างและ Start Up	1 ปี
อายุการใช้งานของระบบผลิตก๊าซ	10 ปี
ปริมาณการใช้น้ำมันเตาเฉลี่ย	1.94 ล้านลิตร
อัตราปริมาณก๊าซที่สามารถผลิตเพื่อทดแทนน้ำมันเตา	100%

จากการเปรียบเทียบข้อมูลของระบบผลิตก๊าซชีวภาพข้างต้น พบว่าระบบบ่อปิด (Covered Lagoon) มีความเหมาะสมกับความต้องการของบริษัทมากกว่าระบบถังบุนปิด (Covered Tank) เนื่องจาก

1. ระบบบ่อปิดมีความยืดหยุ่นต่อกระบวนการผลิตแยมันสำปะหลัง ซึ่งจะต้องมีการปิดโรงงาน หรือหยุดการผลิต ในช่วงที่ขาดแคลนหัวมันสำปะหลังหรือในช่วงที่หัวมันสำปะหลังราคาสูง อีกทั้งมีความยืดหยุ่นต่อการขยายกำลังการผลิตในอนาคต
2. ระบบบ่อปิดมีความต้องการในการบำรุงรักษาน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการใช้งานที่เท่ากัน รวมทั้งสามารถบำรุงรักษาระบบได้ง่ายกว่า
3. ในระหว่างการผลิตอย่างต่อเนื่อง ระบบบ่อปิดมีการเก็บกักก๊าซชีวภาพในปริมาณที่มาก ซึ่งช่วยให้บริษัทลดความเสี่ยงที่จะต้องใช้น้ำมันเตา ในกรณีที่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพผลิตก๊าซไม่ทันต่อความต้องการใช้งาน
4. ระบบบ่อปิดสามารถก่อสร้างได้โดยรบกวนระบบการผลิตแยมันสำปะหลังน้อยมาก เนื่องจากสามารถใช้น้ำเสียจากบ่อล้างเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพได้ทันที
5. ระบบบ่อปิดมีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงกว่าระบบถังบุนปิด
6. โดยปกติบริษัทฯใช้เนื้อที่ส่วนใหญ่ของโรงงานในการบำบัดน้ำเสีย จึงไม่มีปัญหาต่อการก่อสร้างระบบบ่อปิดที่จำเป็นต้องใช้เนื้อที่ก่อสร้างระบบค่อนข้างมาก
7. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำกว่าระบบถังบุนปิด ส่งผลให้บริษัทฯได้รับการคืนทุนในระยะเวลาที่สั้น

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2539). วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม. สืบค้นเมื่อ 8 เมษายน 2560, จาก <http://www.reic.or.th/law/lawfile/law030826110108.pdf>.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2554). คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 5. สืบค้นเมื่อ 8 เมษายน 2560, จาก <http://www.able.co.th/Upload/File/21.pdf>.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2539). กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3. สืบค้นเมื่อ 8 เมษายน 2560, จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html.
- กระทรวงอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2535). พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535. สืบค้นเมื่อ 8 เมษายน 2560, จาก <http://www.diw.go.th/hawk/news/62.pdf>.
- เกษม ประดิษฐ์วิวัฒนะกิจ. (2555). การพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแป่งมันสำปะหลังด้วยเทคโนโลยีดีสชาร์จทางไฟฟ้า. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการ). นครราชสีมา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- คณะกรรมการควบคุมมลพิษ. (2539). ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม. สืบค้นเมื่อ 8 เมษายน 2560, จาก <http://law.longdo.com/law/587/sub41976>.
- ณัฐยา สันตะการผล. (2554). การตัดสินใจทางธุรกิจ. กรุงเทพฯ : เอ็กซ์เปอร์เน็ท.
- ธนรัตน์ วรสุตร. (2546). โครงการสนับสนุนการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมด้วยระบบ UASB. สืบค้นเมื่อ 8 เมษายน 2560, จาก [https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjYnMDOvOzTAhXLpo8KHZleDb4QFgghMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.diw.go.th%2Fkm%2Fother%2FBQ%2F%25E0%25B8%259A%25E0%25B8%2597%25E0%25B8%2584%25E0%25B8%25A7%25E0%25B8%25B2%25E0%25B8%25A1%2520UASB.\(%25E0%25B8%2597%25E0%25B8%259B.%25E0%25B8%2598](https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjYnMDOvOzTAhXLpo8KHZleDb4QFgghMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.diw.go.th%2Fkm%2Fother%2FBQ%2F%25E0%25B8%259A%25E0%25B8%2597%25E0%25B8%2584%25E0%25B8%25A7%25E0%25B8%25B2%25E0%25B8%25A1%2520UASB.(%25E0%25B8%2597%25E0%25B8%259B.%25E0%25B8%2598).

รัชกร ผลพันธุ์; วลัยรัตน์ อุตตะมะปรากรม; และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. (2557, มกราคม-มิถุนายน). การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียภาคอุตสาหกรรม.

วารสารวิจัยพลังงาน. 11(1) : 87-90.

บรรยงค์ โตจินดา. (2548). **องค์การและการจัดการ**. กรุงเทพฯ : รวมสาสน์.

บุรณะศักดิ์ มาตหมาย. (2552, มิถุนายน-กรกฎาคม). การใช้เทคโนโลยีพลังงานชีวภาพเพื่อจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ. **วารสารเทคโนโลยีไบโอ**. 36(20) : 60-67.

ประภา ไช้สลาม. (2549). **การประยุกต์ใช้บึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหาร**. วิทยานิพนธ์ ปร.ด. (เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปิยะนุช เนียมทรัพย์; และคณะ. (2555). **การควบคุมและตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคชีววิทยาโมเลกุล**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ลลิตี ทับทิมทอง; และมณฑล ฐานุตตมวงศ์. (2554, กรกฎาคม-กันยายน). การบำบัดน้ำเสียจากหอพักนิสิต ด้วยระบบบึงประดิษฐ์. **วารสารวิศวกรรม**. 24(77) : 47-57.

สมจิต บางโม. (2548). **องค์การและการจัดการ**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

Barnard. (1938). **The Function of Executive**. New Jersey : Pearson Prentice Hall.

David; and Jim Matheson. (1998). **The Smart Organization**. Boston : Pearson Education.

Griffiths, D.E. (1959). **Administrative Theory**. New York : Appleton-Century Crofts.

Moody. (1997). Psychophysiologic Correlates of Quality of Life in Chronic Bronchitis and Emphysema. **Western Journal of Nursing Research**. 13 : 336-352.

Simon, Herbert A. (1979). **Administrative Behavior**. New York : The McMillen Company.